# 目　　录

## 第一篇　区域地质概况



## 第二篇　江苏油气区

## 第三篇　安徽油气区



## 第四篇　浙闽地区

## 第五篇　含油气评价及勘探方向

# CONTENTS

## Part Ⅰ Introduction



## Part Ⅱ Petroleum province of Jiangsu

## Part Ⅲ Anhui Province



## Part Ⅳ Zhejiang and Fujian Province

# 第一篇　区域地质概况

# 第一章 地 理 概 况

苏浙皖闽油气区位于中国东南部，地理坐标为北纬 23°40′～35°08′，东经 114°45′～122°15′。自然条件优越，经济基础雄厚，人口密集，交通便利，是我国工农业生产的重要基地（图 1-1-1）。

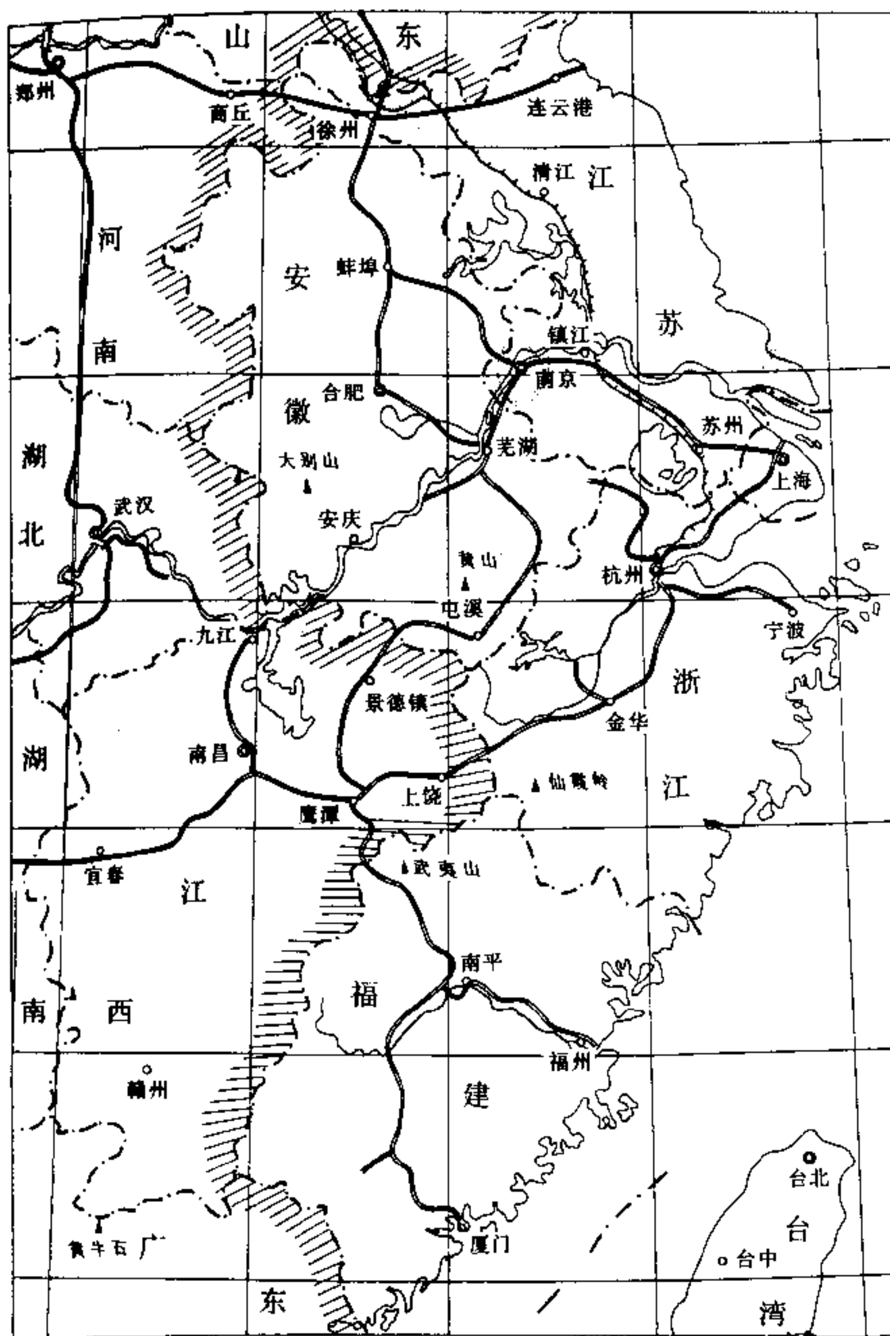



图 1-1-1 苏浙皖闽油气区交通位置图

本区东临黄海、东海，南连广东，西邻中南地区的河南、湖北、江西，北接山东，总面积473200平方公里。地形南高北低，西高东低，大体以北纬31°为界，以北为平原区，偶尔有个别孤山点缀；以南为中低山丘陵区，山脉与谷地相间成带，并以长江、浙赣铁路为界，分出三个亚区：北亚区以大别山为主体，山脉走向呈北西向，中亚区以黄山、天目山、千里岗为主体，山脉走向为北东向；南亚区以武夷山、仙霞岭、戴云山、括苍山、天台山、雁荡山为主体，山脉走向为北北东向。福建省境内的武夷山主峰黄岗山，海拔高度2157米，是全区的最高峰。

本区水系发育，大体可以江淮丘陵、天目山脉为界，分成淮河、长江、东南沿海三大水系。淮河水系主要分布在苏北，皖北平原地区，海拔高度由西北向东南逐渐降低，五河县以西有很多支流，在五河附近汇合，向东流入洪泽湖；经洪泽湖后又可分为两支，一支经灌溉总渠注入黄海；另一支经高邮湖、邵伯湖流入长江。长江水系分布于江苏、安徽、上海和浙北，流域范围内地势低洼，河网纵横，湖泊星罗棋布，是闻名全国的鱼米之乡。东南沿海水系分布于浙江、福建低山丘陵区，主要河流有钱塘江、甬江、灵江、瓯江、飞云江、闽江、九龙江、汀江、晋江等，除钱塘江、瓯江、闽江干流长度大于300公里外，一般都比较短，干支流常直交形成网格状，河中多峡谷险滩，水流湍急，除河口附近外，一般都不适于航运。

湖泊主要分布在江苏、安徽境内淮河、长江流域的低洼地带，洪泽湖、太湖、巢湖是我国著名的大淡水湖，历史上著名的伟大工程——大运河纵贯淮河、长江、钱塘江，把上述河湖连成一体，形成本区北部极为便利的航运、灌溉网络。

杭州湾以北，海岸线较为平直，多由沙岸、泥岸构成；杭州湾以南为岩岸，岸线曲折，多港湾，以三门湾、兴化湾，三都澳较著名。岛屿分布北少南多，大小达2500多个，崇明、舟山、玉环、东山、金门等是面积较大的岛屿。

本区属于亚热带向暖温带过渡的气候带，具有明显的海洋性季风气候特征，全年四季分明，最热为七月份，平均气温25～29℃；最冷为一月份，北部平均气温-3～3℃，南部平均气温5～13℃。雨量多集中在春夏之交，冬季雨量最少，年降水量一般在1500～2000毫米；皖北、苏北降水量较少，有的年份只有700毫米。冬季以偏北风为主，常有寒潮；夏季盛行偏南风，夏秋之交多台风，时伴有暴雨或大暴雨。

天然地震灾害不严重，解放后最大地震发生在溧阳上沛，震级5.5级，烈度7度；历史最大地震发生在安徽霍山西南，震级$6^{1}/_{4}$级，烈度8级。据地震部门预测，近年来本区没有大地震，即使有地震，最大震级不会超过$6^{1}/_{2}$级。

水陆交通便利，近南北向的京沪、淮北、皖赣、鹰厦，东西向的陇海、浙赣铁路组成全区的铁路网络，可以连通全区主要城市。公路交通发达，无论是山区还是平原，绝大部分村镇都有公路相连。主要机场有合肥、南京、上海、杭州、福州、厦门，其中上海和厦门为国际机场，可以通达世界各地。水路主要有长江航运和以大运河、钱塘江、闽江为代表的内河航运，一年四季都可以通航轮船。主要港口有上海港、北仑港、温州港、马尾港、厦门港等，其中上海港、北仑港、厦门港可停泊五万吨以上的巨轮，是我国主要的国际港口。

全区人口密集，截至1983年人口总数已达18988.3万人，长江三角洲地区是中国人口最稠密地区之一，如江苏的苏州每平方公里人口密度为626人，约为全国平均人口密度的6倍。

本区经济、科学、文化、教育发达，是我国轻工业和农业的重要基地，在国民经济中占

有相当重要的地位，特别是进一步扩大对外开放以来，各方面的发展更为迅速。

主要油田分布在苏北盆地内，如江苏的真武油田、曹庄油田、储家楼油田，安徽的王龙庄油田等十几个油田，年产石油已达70余万吨。安徽的阜阳盆地，江苏的句容盆地都已发现工业油流，浙江的煤山向斜在采煤巷道中也有原油流出。目前中国石油天然气总公司的江苏石油勘探局、浙江石油勘探处、安徽石油勘探公司，地质矿产部的华东石油勘探局正积极在油气区内开展勘探工作，相信不久会有更重大的发现。

# 第二章 勘探历程

本区横跨华北准地台、秦岭褶皱系、扬子准地台、华南褶皱系、东南沿海褶皱系五大构造单元，沉积岩分布很广，各构造单元都有油气生成、聚集的物质基础，如华北地台有石炭二叠系煤成气勘探领域4万平方公里，扬子准地台有中古生界海相碳酸盐岩勘探领域20万平方公里，遍及全区的中新生代陆盆有100余个，可供勘探面积约20万平方公里。由于地质构造比较复杂，勘探难度较大，虽已发现一批油气田，但离国民经济的需求还相差很远。

1956年以前，只有少数地质学家在本区开展油气地质调查。如1931年谢家荣、计荣森和1935黄汲清等分别对浙江长兴煤山煤矿上二叠统龙潭组流出的原油进行了调查。1948年谢家荣根据下扬子地区广泛发现的油苗，编写了"江南探油论"一文，认为南京—上海一带可能的生油层是志留—三叠系，找油比较乐观。1946年～1956年王纲道在太湖附近及无锡、昆山、江阴等地进行了1∶10000和1∶25000的重力测量，是本油气区地球物理勘探工作最早的成果。

1956年后，石油地质勘探工作正式开展，三十多年来已基本完成了区域勘探阶段的任务，并对80多个构造进行了钻探，发现了真武、刘庄、黄珏、卞东、潘庄、王龙庄等油气田，永安、乔田、倪丘集等20多个含油气构造，开发和建设了江苏油田，为促进本区国民经济发展做出了贡献。

1956年后的工作可分以下两个阶段。

**一、区域展开阶段（1956～1969年）**

1956年初，石油工业部召开了第一届石油勘探会议，决心把工作重点转向大盆地和地台地区，采用区域大剖面和基准井的勘探方法，应用多种勘探手段，在全国各可能的油气区进行区域性油气勘探，局面逐渐打开，本区的油气勘探队伍也应运而生。

1956年2月，地质部组建华北石油普查大队，在苏、浙、皖三省及其毗邻地区开展石油地质调查工作，进行了航空磁测和地面重、磁力测量，在苏北平原东部做了一条南北向的电测和地震区域大剖面，并对辖区的油气苗进行了系统调查，重点研究了煤山向斜龙潭组的含油性。通过以上工作，认为苏北平原和太湖四周第四系覆盖区是一个大型的盆地，具有油气勘探远景，并推测中古生界海相地层找油也有希望。

1958年5～8月，安徽、浙江、福建、上海等省市分别成立了归省地质局领导的石油地质队，同年10月，地质部江苏石油普查大队、华东石油物探大队，开展了以江苏为主，兼顾华东其他地区的石油普查，同时，石油工业部也成立了华东石油勘探局，负责华东五省一市的石油普查勘探。从此，石油、地质两大部门在本区协同勘探，共同谱写了本区石油工业新的一页。

1958～1962年，华东石油物探大队用重力、磁法、电测深等地球物理勘探方法，对全区进行综合概查。江苏石油普查大队和有关省的地质局石油地质大队以浅钻、地面地质调查为主要手段，进行区域大剖面和对苏北、常州、合肥、永康、金衢● 等盆地，苏南、皖

●浙江金衢、宁波、杭嘉湖、永康、浦江盆地石油地质普查报告，浙江石油地质大队，1971～1981。

南、川石岛等地区进行初步勘探，发动群众开采利用第四系浅层天然气。通过以上工作，基本查明了本区各构造单元的油气地质条件，一些探井也钻遇了一些油气显示，如浙江省地质局石油地质队在永康和金衢盆地钻浅探井52口，其中32口见油、气显示。华东石油勘探局集中较大的力量于苏北盆地，1958年，苏北盆地第一口基准井——阜宁基准井钻至井深1100多米处，发现下第三系有良好的生、储油条件。1959年，在苏北大丰引水沟构造、阜宁蛤蜊港构造和高邮三垛构造上，打探井3口，分别见到了含油砂岩岩屑、天然气显示和黑色疏松油砂。1960年在三垛地区的探井中，发现下第三系含油砂岩。通过这一阶段的工作，证实了苏北盆地是一个面积达3.5万平方公里，第三系沉积厚度达4000～5000米的大型盆地，初步查明这一盆地的地质构造特征，指出勘探重点是东台坳陷，下第三系是主要勘探目的层。

1961年4月，山东东营凹陷的华8井突破华北出油关，展现了良好的油气勘探前景，为了集中力量拿下胜利油田，1962年后，华东石油勘探局把工作重点移向山东，大部分勘探队伍北上；地质部的主要勘探力量也相继调往华北。同时由于国民经济调整，各地质局所属的石油地质队也纷纷转产。1962～1969年间，坚持本区的石油地质勘探队伍大大缩小，油气普查工作进展不大，只在苏北盆地做了一些工作，继续钻探的结果，发现下第三系戴南组、三垛组有新的含油层系。

**二、重点勘探阶段（1970～1988年）**

1970年初，地质部第六普查勘探大队在苏北溱潼凹陷钻探的苏20井，于井深2400米处发现油层，完井试油，日产原油14吨，这是苏北盆地的第一口工业油流井，为了加快本区油气勘探的步伐，地质部将第五石油普查大队，第四石油物探队东调江苏，并恢复了福建省地质局石油地质队。石油工业部组建了浙江石油地质大队和安徽石油勘探处，他们与本区原有的勘探队伍一起，按照重点勘探、区域展开的工作部署，深入进行这一地区的油气勘探。

1974年，高邮凹陷真武构造●苏58井在井深2300多米处钻遇下第三系油层，获日产50多吨的自喷油流；紧接着溱潼凹陷储家楼构造苏59井，又获日产100余吨的高产油流；金湖凹陷刘庄构造上东60井和东64井也获得了高产天然气，找到了苏北盆地的第一个油藏和第一个气藏。与此同时，在古生界也发现了新的苗头：江苏镇江东风煤矿东大巷上二叠统大隆组页岩流出原油26吨；江苏伏牛山煤矿13口探井中有10口见到下三叠统青龙灰岩晶洞裂隙油气显示，对7口井进行试油，共获油5485.38公斤，其中东风13井累计捞获3858.9公斤；江苏句容东风4井，经措施后从青龙灰岩中共获油88.5公斤；浙江长兴东风岕煤矿在采煤掘进中，发现龙潭组砂岩含油，日流油100公斤。这些发现强有力的说明了下扬子准地台的中古生界是有油气潜力的。

根据本区油气普查勘探的形势，1975年4月石油工业部决定成立江苏石油勘探开发会战指挥部，从胜利、长庆、冷湖、克拉玛依油田和四川地区抽调5个地震队，10个钻井队和试油、采油、油田建设等方面的人员3000多人，到苏北地区集中力量开发真武油田和刘庄气田，建立起本区第一个石油工业基地。1975年底，真武油田生产原油6000多吨，从此结束了本区不产石油的历史。

为了加强本区的油气勘探，1978年石油工业部将其在江苏、浙江、安徽地区工作的队

●1986，苏、浙、皖、闽四省油气资源评价报告。

伍联合起来，于江苏邵伯成立了苏浙皖石油勘探开发会战指挥部，组织领导本区的油气勘探，全面规划本区的勘探部署。十余年来按重点勘探、区域展开的工作部署，无论是油田勘探开发，还是面上的区域勘探都取得了丰硕的成果：在苏北地区已发现了真武、曹庄、黄珏、卞东、储家楼等 20 个油田和刘庄气田❶，其中 9 个已投入了开发，年产原油 80 余万吨。在安徽发现和开发了苏北盆地西缘的王龙庄油田，年产原油 2 万多吨；阜阳盆地的局面也已打开，倪丘集凹陷南 12 井，于井深 1700 米（第三系底部）钻遇油层，初产试油日产油 4 吨，临泉凹陷阜深 5 井也在白垩系中见少量油迹砂岩。中、古生界的勘探也有一定进展，句容盆地有近 10 口井见含油显示，并在容 2 井、容 3 井青龙群灰岩中试获工业油流，前者最高日产 6.6 立方米，后者最高日产 10.1 立方米，从而突破了下扬子地区海相碳酸盐岩地层的工业油流关。地质矿产部门在江苏所钻探的黄桥 174 井于下二叠统栖霞组、上泥盆统五通组、上志留统茅山组、中志留统坟头组发现了二氧化碳气，日产可达 27 万立方米，同时获得少量轻质油，说明下扬子地区海相地层不但上古生界可以产油产气，下古生界同样也可形成工业性油气藏。

在发现以上油气田和工业油气流点的同时，区域勘探也在深入展开：对华北准地台的石炭、二叠系进行了煤成气研究，认为资源量甚为可观，正待进一步深入勘探；对下扬子地区的中、古生界全面进行了油气资源评价，油的资源量达数十亿吨，气的资源量为数万亿立方米，目前已在安徽的南陵无为地区、江苏的句容南通地区、浙江的浙北地区开展勘探工作。陆相中小盆地的油气勘探工作也继续深入，在安徽境内选择了合肥、阜阳、南陵等盆地，浙江境内选择了杭州湾、宁波等盆地进行解剖，普遍都发现了油气显示，说明在中小盆地找油找气仍很有希望。

❶江办石油勘探局研究院，1986，苏北盆地第三油气藏类型及油气富集规律.

# 第三章 地　　层

## 第一节 地层区划主要特征

本区地层分为华北地层区，北淮阳地层区，扬子地层区和华南地层区（图 1-3-1，表 1-3-1）。现分述之。

### 一、华北地层区

位于东海县—潜山以西，肥西—六安县以北，包括安徽的两淮地区和江苏的丰县，徐州、沛县地区。基底为上太古界—下元古界混合岩化片麻岩、片岩；下中元古界为边缘海陆源碎屑岩、富含镁碳酸盐岩及具类复理石建造特征的浅变质片岩、千枚岩和石英岩。青白口系至中奥陶统是一套稳定的准地台型沉积盖层，青白口系为海滩—陆棚相砂、泥岩，震旦、寒武、奥陶系以浅海相碳酸盐岩为主，见油苗。中奥陶统上部至下石炭统全部缺失，形成上石炭统和中奥陶统之间的巨大区域性假整合。上石炭统至二叠系为海陆交互相煤系，含煤丰富，寻找煤成气有很好的条件。下三叠统为陆相红层。缺失中上三叠统。侏罗系分布零星，多为河、湖相杂色砂、泥岩，上部夹中基性及碱性火山岩。白垩系和第三系多为红色粗碎屑岩，下白垩统局部变细、变暗，第三系中有工业油气流井。

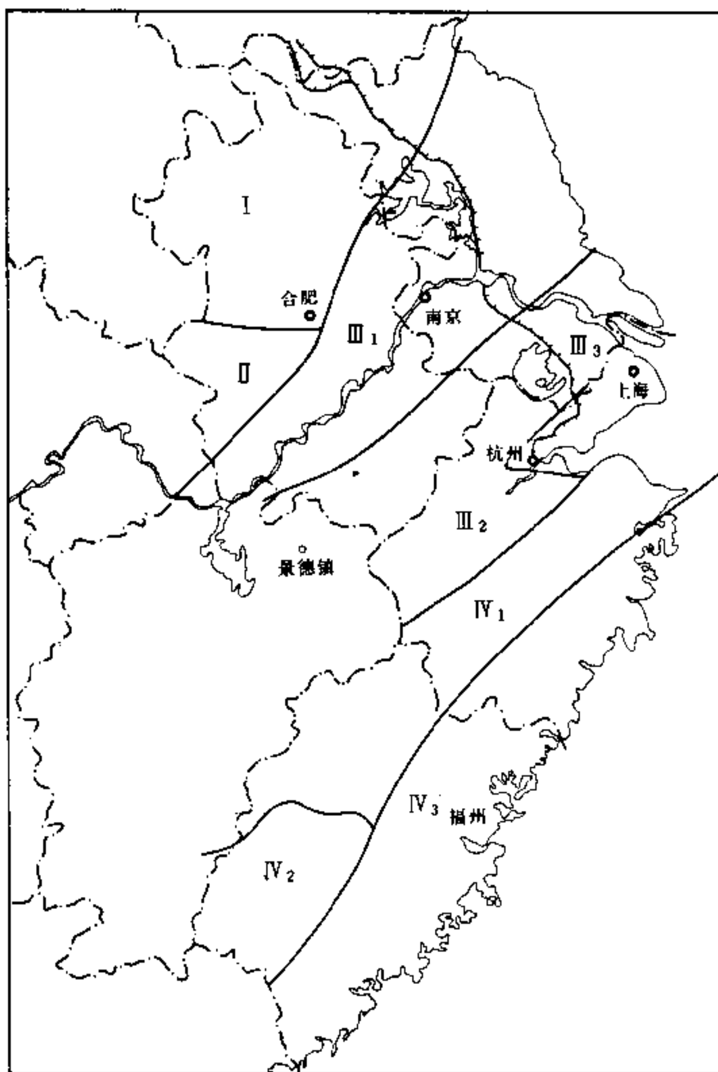



图 1-3-1 苏浙皖闽油气区地层分区图

Ⅰ—华北地层区；Ⅱ—北淮阳地层区；Ⅲ—扬子地层区；$Ⅲ_1$—下扬子分区；$Ⅲ_2$—江南分区；$Ⅲ_3$—沪杭分区；Ⅳ—华南地层区；$Ⅳ_1$—四明武夷分区；$Ⅳ_2$—闽西南分区；$Ⅳ_3$—东南沿海分区

### 二、北淮阳地层区

**表1-3-1 苏浙皖闽油气区地层对比简表**

| 地层系统（界） | 系 | 统 | 地层区划 | 华北地层区 | 北淮阳地层区 | 扬子地层区：下扬子分区 | 扬子地层区：沪杭分区 | 扬子地层区：江南分区 | 华南地层区：四明武夷和闽西南分区 | | 华南地层区：东南沿海分区 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 新生界 | 上第三系 | 上新统 | $N_2$ | 明化镇组 | 正阳关组 | 盐城组 | 缺失 | 嵊县组 | 嵊县组 | | 嵊县组 | 佛昙群 |
| 新生界 | 上第三系 | 中新统 | $N_1$ | 馆陶组 | 下草湾组 | 盐城组 | 缺失 | 嵊县组 | 嵊县组 | | 嵊县组 | 佛昙群 |
| 新生界 | 下第三系 | 渐新统 | $E_3$ | 界首组 | 缺失 | 缺失<br>三垛组 | 缺失 | 缺失 | 缺失<br>长河组四段 | | 缺失 | |
| 新生界 | 下第三系 | 始新统 | $E_2$ | 界首组 | 缺失 | 戴南组 | 缺失 | 缺失 | 长河组三段 | | 缺失 | |
| 新生界 | 下第三系 | 古新统 | $E_1$ | ?<br>双浮组<br>?<br>缺失 | 定远组<br>桑涧子组 | 阜宁组二至四段<br>阜宁组一段 | 长河组二段<br>长河组一段 | 缺失 | 长河组二段<br>长河组一段 | | 缺失 | |
| 中生界 | 白垩系 | 上统 | $K_2$ | 张桥组<br>响导铺组 | 三尖铺组<br>符桥组 | 泰州组<br>赤山组<br>浦口组 | 桐乡组<br>衢县组<br>兰溪组<br>方岩组 | 衢县组<br>兰溪组<br>方岩组 | 缺失<br>衢县组<br>兰溪组<br>方岩组 | 缺失<br>赤石组<br>沙县组 | 赖家组<br>塘上组 | |
| 中生界 | 白垩系 | 下统 | $K_1$ | 朱巷组 | 石八塔组 | 葛村组 | 朝川组 | 朝川组 | 朝川组 | 禾口组 | 石帽山组 | 朝川组 |
| 中生界 | 侏罗系 | 上统 | $J_3$ | 黑石渡组<br>毛坦厂组 | 黑石渡组<br>毛坦厂组 | 缺失<br>云台山组<br>娘娘山组<br>龙王山组 | 缺失<br>寿昌组<br>黄尖组<br>劳村组 | 馆头组<br>横山组<br>寿昌组<br>黄尖组<br>劳村组 | 馆头组<br>磨石山组 | 缺失<br>吉山组<br>坂头组<br>南园组<br>长林组 | 坂头组<br>南园组<br>长林组 | 馆头组<br>磨石山组 |
| 中生界 | 侏罗系 | 中统 | $J_2$ | 周公山组 | 周公山组 | 象山组 | 渔山尖组 | 渔山尖组 | 漳平组 | | 漳平组 | ? |
| 中生界 | 侏罗系 | 下统 | $J_1$ | 防虎山组 | | 象山组 | 马涧组 | 马涧组 | 黎山组 | | 黎山组 | ? |

| 界 | 系 | 统 | 代号 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 古生界 | 三叠系 | 上统 | $T_3$ | 缺失 | 缺失 | 范家塘组 | 乌灶组 | 乌灶组 | 焦坑组 | 文宾山组 | 文宾山组<br>大坑组 |
| | | 中统 | $T_2$ | | | 黄马青组<br>周冲村组 | 缺失 | 缺失 | 缺失 | 大坑组<br>安仁组 | 安仁组 |
| | | 下统 | $T_1$ | 和尚沟组<br>刘家沟组 | | 上青龙组<br>下青龙组 | | 政棠组 | ? | 溪尾组<br>溪口组 | 溪尾组<br>溪口组 |
| | 二叠系 | 上统 | $P_2$ | 石千峰组<br>上石盒子组 | | 大隆组 长兴组<br>龙潭组 | | 大隆组<br>礼贤组 | | 大隆组<br>翠屏山组 | 大隆组<br>翠屏山组 |
| | | 下统 | $P_1$ | 下石盒子组<br>山西组 | | 堰桥组<br>孤峰组<br>栖霞组 | 丁家山组<br>栖霞组 | 丁家山组<br>栖霞组 | | 童子岩组<br>文笔山组<br>栖霞组 | 童子岩组<br>文笔山组<br>栖霞组 |
| | 石炭系 | 上统 | $C_3$ | 太原组 | 梅山群 | 船山组<br>黄龙组 | 船山组<br>黄龙组 | 船山组<br>黄龙组 | | 船山组<br>黄龙组 | 船山组<br>石炭系中下部 |
| | | 中统 | $C_2$ | 本溪组 | | 老虎洞组<br>和州组 | 叶家塘组 | 叶家塘组 | | 林地组 | |
| | | 下统 | $C_1$ | 缺失 | | 高骊山组<br>金陵组 | 缺失 | 缺失 | | 缺失 | |
| | 泥盆系 | 上统 | $D_3$ | | 缺失 | 五通组 | 珠藏坞组<br>西湖组 | 珠藏坞组<br>西湖组 | | 桃子坑组<br>天瓦岽组 | |
| | | 中下统 | $D_{1-2}$ | | | 缺失 | 缺失 | 缺失 | | 缺失 | |

续表

| 地层系统 | | 地层区划 | | 华北地层区 | 北淮阳地层区 | 扬子地层区 | | | 华南地层区 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 下扬子分区 | 沪杭分区 | 江南分区 | 四明武夷和闽西南分区 | | 东南沿海分区 |
| 古生界 | 志留系 | 上统 | $S_3$ | 缺失 | | 茅山组 | 唐家坞组 | 唐家坞组 | ? | 缺失 | ? |
| | | 中统 | $S_2$ | | | 坟头组 | 康山组 | 康山组 | | | |
| | | | | | | | 大白地组 | 大白地组 | | | |
| | | 下统 | $S_1$ | | | 高家边组 | 安吉组 | 安吉组 | | | |
| | 奥陶系 | 上统 | $O_3$ | | | 五峰组 | 文昌组 | 张村坞组 / 文昌组 | | ~~~~~~ 罗峰渠群 | |
| | | | | | | | 长坞组 | 下潜组 / 长坞组 | | | |
| | | 中统 | $O_2$ | | | 汤头组 | 黄泥岗组 | 黄泥岗组 | | | |
| | | | | | | 宝塔组 | 砚瓦山组 | 砚瓦山组 | | | |
| | | | | 老虎山组 | | | 闲林组 | 胡乐组 | | | |
| | | 下统 | $O_1$ | 马家沟组 | | 牯牛潭组 | 荆山组 | 宁国组 | | 魏坊群 | |
| | | | | 肖县组 | | 大湾组 | | | | | |
| | | | | 贾汪组 | | 红花园组 | 留下组 | 印渚埠组 | | | |
| | | | | 韩家组 | | 仑山组 | | | | | |
| | 寒武系 | 上统 | $\epsilon_3$ | 凤山组 | | 观音台组 | 超峰群 | 唐村组 / 西阳山组 | | 东坑口群 | |
| | | | | 长山组 | | | | 青坑组 / 华严寺组 | | | |
| | | | | 崮山组 | | | | 团山组 | | | |
| | | 中统 | $\epsilon_2$ | 张夏组 | | | 杨柳岗组 | 杨柳岗组 | | 林田群 | |
| | | | | 徐庄组 | | 炮台山组 | | | | | |

| 界 | 系 | 统 | 代号 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 系 | 下统 | $\in_1$ | 毛庄组<br>馒头组<br>猴家山组 | 缺失 | 幕府山组 | 大陈岭组<br>荷塘组 | 大陈岭组<br>荷塘组 | 鹤溪群<br>? | 林田群 |
| 上元古界 | 震旦系 | 上统 | $Z_2$ | 栏杆群<br>宿县群 | 商城群 | 灯影组<br>陡山沱组 | 西峰寺组 | 西峰寺组 | | 黄连组<br>南岩组 |
| | | 下统 | $Z_1$ | 徐淮群 | | 南沱组<br>莲沱组 | 雷公坞组<br>志棠组 | 雷公坞组<br>志棠组 | | 丁屋岭组 |
| | 青白口系 | | $Q_n$ | 八公山群 | 佛子岭群 | 张八岭群 | 惠南板岩 | 历口群 | | 吴墩组 |
| 中元古界 | | | | ? | 宿松群 | 埤城群<br>? | 金山群<br>? | 上溪群<br>? | 陈蔡群<br>? | 建瓯群<br>? |
| 中下元古界 | | | | 凤阳群 | 卢镇关群 | | | | | |
| 上太古界<br>下元古界 | | | | 五河群 | 大别群 | | | | | |

?

位于巢湖—潜山以西，肥西—六安以南的大别山地，是一个以隆起为主的地区。磨子潭—桐柏以南，强烈混合岩化深变质岩系之上，仅有晚侏罗世的火山碎屑沉积岩系和晚白垩世的红色粗碎屑岩分布。磨子潭—桐柏以北，在早、中元古代深变质岩系之上，覆盖有青白口系砂泥质复理石沉积和浅变质石炭纪海陆交替相砂、泥岩夹少量碳酸盐岩；中新生代地层比较发育，占出露面积的80%以上，侏罗系夹火山岩，白垩—第三系以红色粗碎屑岩为主，局部见暗色砂、泥岩互层。

**三、扬子地层区**

位于东海—潜山以东，绍兴—江山以北的广大地区，约占本油气区面积的二分之一，没有发现可靠的太古代与早元古代地层，是一个自震旦纪以来长期接受沉积的区域，地层发育良好，震旦纪至中二叠世为海相沉积，晚三叠世以后多为陆相沉积，第三纪沉积分布于长江沿岸和滨海地区，进一步可分三个地层分区:

*1.下扬子分区*

位于东海—潜山以东，石台—江阴以北，基底为中元古界，下部是深变质的片麻岩，上部为浅变质的千枚岩、片岩。震旦系至上志留统是准地台盖层，以浅海相碳酸盐岩和陆源碎屑岩为主，属扬子或华中型生物区系。中、下泥盆统缺失。上泥盆统至中三叠统为地台型沉积，以台地相碳酸盐岩为主，夹河湖相、沼泽相含煤碎屑沉积，井下、地面多处见原油。晚三叠世至早白垩世多小型内陆湖盆，早期含煤，晚期多火山岩；晚白垩世至早第三纪多大中型内陆湖盆，早期水浅多红层，中期水深多暗色泥岩，是本区最主要的产油层位，晚期又变浅，红层增多。

*2.江南分区*

位于石台—江阴以南，江山—绍兴以北，杭州—嘉兴—昆山—宜兴弧形台地以西。基底为中上元古界浅变质的火山岩和砂、泥岩。震旦系至上志留统是准地台中的坳拉槽沉积，沉积厚度大，水体深，属江南生物地理区系。中、下泥盆统缺失，上泥盆统至下三叠统为台地型沉积，岩性、岩相和下扬子区近似。中生代多小型内陆湖盆，常为砂、泥岩沉积，晚侏罗世至早白垩世多火山活动。缺失早第三纪沉积。

*3.沪杭分区*

位于江南分区之东，基底也是中上元古界，下部为片麻岩，上部是浅变质的板岩。震旦系至上志留统是准地台盖层，岩性、化石具有扬子、江南两区的过渡性质。中、下泥盆统缺失，上泥盆统至中三叠统为台地型沉积，但多遭剥蚀。中、新生代多小型内陆湖盆，常为杂色砂、泥岩，晚侏罗世至早白垩世多火山活动，下第三系以红色沉积为主。

**四、华南地层区**

位于绍兴—江山以南，包括浙江省的三分之二地区和福建的全部。没有发现可靠的太古界与下元古界地层，中、上元古界已发生区域变质，变质较浅的震旦系与下古生界仅见于闽西南地区。志留系，中、下泥盆统普遍缺失。晚泥盆世至中三叠世以海相沉积为主，分布范围不大；晚三叠世以后多陆相沉积，晚侏罗世至早白垩世有强烈的火山喷发，晚白垩世晚期至早第三纪地层缺失。进一步可分三个地层分区:

*1.四明武夷分区*

基底为中元古界陈蔡群片麻岩、片岩，上元古界至下古生界已变质，上泥盆统至中三叠统厚度小，超覆多，分布范围很小，仅见于本分区的南部。上侏罗统和下白垩统多处见到油苗。

*2.闽西南分区*

震旦系至下古生界变质不深，晚泥盆世后发生大规模坳陷，上泥盆统至中三叠统厚达6000米，晚三叠至早侏罗世地层中多处发现含海相瓣鳃类的海相沉积层。

*3.东南沿海分区*

基底和古生界出露很少，中、南部有上元古界、震旦系—下古生界变质岩和石炭系—下三叠统沉积岩。侏罗、白垩系的火山岩、侵入岩广布，在巨厚的火山岩堆积的基础上，沿构造活动带发生强烈的区域变质。

## 第二节　地层划分和对比

如前所述，本油气区的地层划分为四个地层区，在不同地层区内，同时代的地层在岩性、岩相上有很大差别，而不同地层区之间又以大断裂为界，无法追索它们之间的变化，因此，地层的划分对比主要依靠古生物、同位素年龄等地质资料。

油气主要分布在沉积盆地和海相沉积区块之中，因此，震旦系至第三系是本卷讨论的主要对象。

**一、前震旦系**

本区前震旦系包括上太古界、下元古界、中元古界和上元古界青白口系。各地层单元的划分对比简述如下:

*1.上太古界—下元古界*

仅见于华北地层区，主要是一套混合岩化强烈的片麻岩。江苏沛县胸山群测得同位素年龄为1928～2640百万年（K—Ar法），安徽霍山群为2681±65～2963±7.98百万年（Rb～Sr等时年龄时间值），五河群为1914～2650百万年（U～Pb法）和1952百万年（K～Ar法）。对北淮阳地层区大别群的时代归属有争议，也有人认为属太古界，主要依据是湖北罗田U～Pb同位素年龄值为2900百万年。

*2.中下元古界*

仅见于华北和北淮阳地层区，主要是一套片岩、千枚岩、大理岩、石英岩。华北地层区称之为凤阳群，不整合在太古—下元古界之上，同位素年龄值为1978百万年，大致反映了1900百万年左右的一次变动；北淮阳地层区称之为卢镇关群，下伏地层没有出露。原岩风化搬运形成的砾石常见于下震旦统中，说明卢镇关群沉积物至少是前震旦纪的产物。

*3.中元古界*

主要见于扬子和华南地层区。扬子区深变质的称埤城群、金山群和海州群，主要岩性为片麻岩、片岩、变粒岩、大理岩。海州群含磷矿。埤城群同位素年龄值为1771±5百万年，金山群为1123+27百万年（Rb—Sr等时线法），和华北的蓟县系、长城系相似。海州群没有可靠的同位素年龄资料，但其不整合于震旦系之下，和邻区对比应相当于中元古界。扬子区浅变质的中元古界称上溪群，双溪坞群，主要见于江南地层分区。上溪群是一套板岩—千枚岩系，具复理石建造特点，于江西德兴测得全岩年龄为1401百万年（Rb—Sr法年龄值）；双溪坞群是一套浅变质火山沉积岩系。

华南地层区为一套深变质的片岩、片麻岩、角闪岩、浅粒岩和大理岩，在浙江称之为陈蔡群，福建称之为建瓯群，全岩Rb—Sr等时线法年龄为674～1813百万年。

*4.上元古界青白口系*

广泛见于各地层区，与下伏地层呈角度不整合。华北地层区称之为八公山群、淮河群，岩相序列和蓟县青白口系相似，主要岩性为石英砂岩、砾岩夹泥质灰岩、钙质页岩，上部碳酸盐岩增多，含微古植物和叠层石，同位素年龄值 738.6～840 百万年（海绿石 K—Ar 法），较蓟县青白口系年青，可能已介于青白口纪与震旦纪之间。北淮阳地层区称之为佛子岭群，主要岩性为石英片岩、黑云石英片岩、石墨片岩，产微古植物，具明显的晚前寒武纪特色，邻省在相当地层中，测得锆石 U—Th—Pb 法年龄值为 1410 百万年，虽不能确定是陆源锆石，但在研究下限时可做参考。扬子地层区称之为张八岭群、历口群、惠南板岩和浙江的骆家门组、虹赤村组、上墅组。下部是复理石建造，上部是火山岩建造，同位素年龄值张八岭群为 800～1031 百万年（锆石 U—Th—Pb 法、全岩 Pb 法），历口群年龄大致在 800～1000 百万年间。华南地层区仅见于福建省境内，闽北称之为吴墩组，闽西称之为楼子坝组，以浅变质细碎屑岩为主，有不同程度的混合岩化，闽北夹火山岩。

**二、震旦系**

除北淮阳地层区外，其余各区均有分布。进一步可分上、下两统，下统以晋宁运动后第一套沉积层做底，相当于南沱冰碛层的层位做顶，上统相当于三峡地区的陡山沱组和灯影组。

华北地层区称之为徐淮群（$Z_1$）、宿县群（$Z_2$）、栏杆群（$Z_2$），总的沉积序列是下部以碎屑岩、上部以碳酸盐岩为主体，碳酸盐岩中常发育燧石条带或结核，没有发现冰碛层，产微古植物、疑源类和叠层石，有环节动物和须腕动物出现，用 K—Ar 法进行同位素年龄测定，徐淮群下部海绿石年龄为 738.6 百万年，栏杆群下部海绿石年龄为 647 百万年，因而推断其层位和三峡地区的震旦系相当。

扬子地层区下统下部称莲沱组或志棠组，是一套凝灰质陆源碎屑岩，上部称南沱组或雷公坞组，是冰碛层。上统下部称陡山沱组或兰田组，上部称灯影组或皮园村组；浙西上统称为西峰寺组，下部为碎屑岩，上部为碳酸盐岩，有的地区夹石英砂岩，整个震旦系的岩性层序完全可与三峡标准剖面对比。

华南地层区震旦系称丁屋岭组（$Z_1$）、南岩组（$Z_2$）、黄连组（$Z_2$），下与青白口系的楼子坝群呈假整合接触，总体上是一套由碎屑岩向钙、硅质岩过渡的岩层，下部夹火山岩，由于缺乏同位素年龄和断代古生物资料，震旦系的上界和下界尚有争论。缺乏冰碛层，上下统的界线也难以可靠划定。

**三、寒武系**

寒武系分布在华北、扬子、华南三个地层区。分上、中、下三统，下统以 *Redlichiids* 类三叶虫存在为特征，中统以 *Redlichiids* 的消失和大量新科、新属三叶虫的出现为开始，上统以大量 *Damesllids* 类和球接子类中的 *Pseudagnostus* 的出现为开始。

华北地层区寒武系底部不全，早寒武世中期的猴家山组直接超覆在震旦系之上，共分猴家山、馒头、毛庄、徐庄、张夏、崮山、长山、凤山八个组，都是碳酸盐沉积，根据三叶虫演化，将中下统的界线划在徐庄组和毛庄组之间，中上统的界线划在张夏组和崮山组之间。生物丰富，三叶虫数量、种属很多，大多数生物属底栖或半浮游类型，是供氧充分的正常海生物。

扬子地层区寒武系分属扬子、过渡、江南三个生物地理区，即本卷所划分的下扬子、沪杭、江南三个地层分区。下扬子地层分区的寒武系称幕府山组（$\epsilon_1$）、炮台山组（$\epsilon_2$）、观音台组（$\epsilon_2$—$\epsilon_3$）；除下寒武统夹碳质页岩、含碳沥青、石煤外，其余都是碳酸盐岩。中

寒武世和晚寒武世大部分地区属于不正常海环境，生物极为稀少，沉积了大量白云岩，中统与上统界线难分。江南地层分区的寒武系分下统荷塘组、大陈岭组，中统杨柳岗组，上统华严寺组和西阳山组，以含大量带壳原始动物的荷塘组作为寒武系底界，除下统含石煤、碳质页岩、硅质岩外，都是碳酸盐沉积，生物群大多营漂浮生活，其沉积环境为封闭的、较深的静水还原环境。沪杭地层分区是下扬子分区和江南分区的过渡带，生物、岩性都有过渡性质。

华南地层区的寒武系见于闽西南，称林田群、东坑口群，为复理石和类复理石建造，没有发现化石，根据上下控制的层位决定时代。

华北地层区和扬子地层区的寒武系属于不同的生物地层区系，生物群性质不同，分层分带基础也不同，直接对比有很多困难，但是有些三叶虫在两个地层区都有发现，如下寒武统中的 *Arthricocephalus*、*Paokahnia*、*Hunanocephalus*，中统的 *Fuchouia*，上统的 *Blackwelderia*、*Drepanura* 等三叶虫，可以做为两区地层对比的媒介。

**四、奥陶系**

奥陶系分布在华北、扬子、华南三个地层区，与寒武系呈整合接触，可分上、中、下三统，化石丰富，常以笔石和头足类化石作为分统划界对比的标志。一般下奥陶统富产无轴笔石，中奥陶统以有轴笔石占优势。

华北地层区奥陶系发育不全，仅见下统和中统的下部，下统自下而上分别命名为韩家组、贾汪组、肖县组、马家沟组，岩性以碳酸盐岩为主，往上白云质增加，以头足类的珠角石类大量繁衍为主要特征，笔石 *Didymograptus* cf.*Pundus* 的发现，对于南北奥陶系的对比，具有重要意义；中统称老虎山组，主要为白云岩、灰质白云岩，仅见稀少的三叶虫、牙形石。

扬子地层区奥陶系发育齐全，化石丰富，进一步又可分为三个地层分区，下扬子区自下而上分仑山组（$O_1$）、红花园组（$O_1$）、大湾组（$O_1$）、牯牛潭组（$O_1$）、宝塔组（$O_2$）、汤头组（$O_3$）、五峰组（$O_3$），岩性自下而上是石灰岩、瘤状灰岩、笔石页岩，下统以大量繁盛的内角石类和拟前环角石动物群为特征，中统以喇叭角石动物群为主，上统下部富产三叶虫，特征化石是 *Nankinolithus nankinensis*，上部为笔石页岩，以 *Dicellograptus* 为主可分六个笔石带。

江南地层分区自下而上分印渚埠组（$O_1$）、宁国组（$O_1$）、胡乐组（$O_2$）、砚瓦山组（$O_2$）、黄泥岗组（$O_3$）、于潜组或长坞组（$O_3$）、张村坞组或文昌组（$O_3$）。印渚埠组至胡乐组以页岩为主，含新厂—胡乐阶各个带化石。砚瓦山组、黄泥岗组以瘤状灰岩为主，产头足类、三叶虫，与下扬子的宝塔组、汤头组完全可以对比。黄泥岗组以上的奥陶系相变很大，以深水浊积岩为代表的称于潜组和张村坞组，可分六个笔石带，和下扬子区五峰组的六个笔石带可以对比；以陆棚浊积岩和泥岩沉积为代表的长坞组、文昌组，产介壳相化石；以石灰岩为主的三巨山组，多处含碳沥青，产大量床板珊瑚和日射珊瑚，其层位相当于五峰组。沪杭地层分区的奥陶系是以上两个分区的过渡，其岩性、化石都具过渡性质，更似下扬子区。

华南地层区的奥陶系分布较少，可分下统魏坊群，中上统罗峰溪群，为一套韵律性发育的砂岩、千枚岩、硅质岩，化石稀少，魏坊群中发现 *Didymograptus* sp.、*Climacograptus* sp. 等化石，时代可定为早奥陶世。

关于奥陶系和寒武系的界线国际上争论已久，本卷采用多数人的意见，放在特马豆克阶之底，即与最早漂浮笔石伴生的牙形石带（*Cordyludus intermedius* 带）之底做为奥陶系的

底界。

**五、志留系**

志留系仅分布于扬子地层区，可分上、中、下三统，在国际上志留系本是以笔石做为分层对比标准的，但本区除下统下部产笔石外，下统中部开始就很少发现笔石，仅见壳相化石，因此志留系各统的界线很难正确划分。

下扬子地层分区志留系由下而上分为高家边组、坟头组、茅山组。高家边组主要是笔石页岩，包括五个笔石带，最上的 *Pristiograptus leei* 笔石带仅相当于下志留统的中上部。坟头组下部以粉砂岩为主，向上变细，产三叶虫 *Coronocephalus rex*，双壳类 *Orthonata Perlata*、鱼类 *Sinacanthus*，一般归为中志留统，由于下志留统的笔石带不全，有人把坟头组的下部砂岩也归下志留统。茅山组为大套砂岩，化石稀少，近年来归为上志留统。

江南地层分区志留系自下而上为安吉组、大白地组、康山组和唐家坞组。安吉组为黑色笔石页岩，仅见下志留统的四个笔石带。大白地组为介壳相复矿砂岩和泥岩，产大量腕足类、三叶虫、双壳类，没有标准的中志留统化石，因此把它和安吉组加在一起，合属下志留统。康山组为砂、页岩互层，全国规模最大的康山碳沥青脉产于本组中，很少化石，暂归中志留统。唐家坞组为大套砂岩，以往曾把它划为中下泥盆统，近年来在浙江长兴发现修水鱼和中华盔甲鱼，在肖山捡出微古植物 *Leiosoph phara* 和 *Trachysphaeridium*，把它归为上志留统。

沪杭分区的岩相、化石与江南分区相似、不再赘述。

**六、泥盆系**

分布于扬子和华南地层区，缺失中下统，仅见上统，和下伏地层呈假整合或不整合接触。

泥盆系上统在下扬子地层分区称五通组，江南地层分区称西湖组和珠藏坞组，为一套石英砂砾岩夹泥岩，产世界性晚泥盆世标准植物 *Leptophloeum rhombicum* 群，以往认为是陆相地层，近年来在安徽、江苏发现海相遗迹化石和海相瓣鳃类，证明是一套海陆交互相地层。

华南地层区泥盆系上统见于闽西南，下部称天瓦岽组，上部称桃子坑组，两组都由石英砂砾岩—紫红色薄层千枚状粉砂岩构成一个由粗到细的旋回，产植物 *Leptophloeum rhombicum* 和瓣鳃类化石碎片，也是一套海陆交互相地层。

**七、石炭系**

广泛分布于各个地层区，以往把石炭系划分为上、中、下三统，1979 年杨敬之等从石炭纪生物群整体研究，把中国石炭系分为下统丰宁统，上统壶天统，本卷同意杨敬之等的意见，把石炭系分为上、下二统。

在华北地层区仅见上石炭统平行不整合在中奥陶统石灰岩之上，进一步可分本溪、太原两组，岩性都是碎屑岩夹多层石灰岩及煤层。本溪组大致可以建立下部 *Eostaff ella subsolona*、上部 *Fusulina—Fusulinella* 䗴类化石带，太原组属于 *Psedoschwagerina—Quasif usulina* 带，根据䗴类化石，除本溪组下部可能属丰宁统顶部外，其它层位大体相当于壶天统。

北淮阳地层区的石炭系称梅山群，下部砾岩、石英砂岩夹碳质板岩，中部结晶灰岩夹石英砂岩，上部为石英砂岩、千枚岩，与下伏地层接触关系不清，产植物 *Calamites* sp.，*Neuropteris* sp.，和海百合、腕足碎片，时代暂定为上石炭统。

扬子地层区石炭系出露较全。下扬子分区和江南分区北部的石炭系下统自下而上分为金陵组、高骊山组、和州组；上统为黄龙组及船山组。金陵组在北部以石灰岩为主，西南部以碎屑岩为主，含腕足类 *Camarotoechia kinglingensis—Eochoristites neipentaiensis* 组合和珊瑚 *Pseudouralinia* 带，一般认为是贵州汤耙沟组、湖南刘家段的化石，相当于下石炭统的中部，即本区缺失下石炭统下部地层。高骊山组为灰绿色砂质页岩、粉砂岩夹煤线，产植物、珊瑚、腕足等化石；和州组为石灰岩、白云岩夹粉砂岩、页岩，产珊瑚、䗴科等化石，和州组顶部的 *Eostaffella honsienca* 带䗴科化石，目前认为是中国下石炭统的最高层位。黄龙组和船山组都是石灰岩，产多种化石，以䗴类为主，最下部属 *Pseudostaffella* 带，最上部在长江以北地区为 *Eoparafusulina* 富集层，可能代表其它地区壶天统最上部的 *Pseudoschwagerina* 带。上下统之间常有一套白云岩和石英砂岩，称为老虎洞组，有的地方产上统的化石，有的地方产下统的化石，本卷认为是一个穿时的地层单位。江南地层区南部的石炭系上统和下扬子区基本相似，唯往南砂岩增多，下统出露不全，下统上部和泥盆系呈假整合接触，称叶家塘组，为灰黑色砂岩、页岩夹煤层，产植物和腕足类化石，层位大体相当于老虎洞组和和州组。

华南地层区的石炭系分布在福建，下统称林地组，上统也称黄龙组、船山组。林地组是一套海陆交互相砂、泥岩，主要产植物化石，少量动物化石，有珊瑚 *Lithostrotion irregulare*、*Lithostrotion mocoyanum*、*syringopora ramulosa*，时代为早石炭世，可能和叶家塘组相当。上石炭统为石灰岩，由下而上产 *Prafusulinella* 带至 *Pseudoschwagerina—Eoparafusulina* 各带䗴科化石，层位和扬子区基本相当，底部缺少 *Pseudostaffella anfiqua* 带，说明黄龙组与林地组之间存在假整合接触关系。福建东部福鼎等地有一套厚度甚大的钙、硅质页岩。在大田、安溪、德化等地变质成斜长变粒岩、云母片岩夹石英砂砾岩，产孢粉和䗴类化石，初步认为这套地层上部相当于黄龙组，下部相当于林地组。

**八、二叠系**

分上下两统，见于华北、扬子、华南三个地层区。

华北地层区分下统山西组、下石盒子组，上统上石盒子组、石千峰组，与下伏石炭系太原组呈整合接触。太原组—上石盒子组主要是一套暗色陆源碎屑煤系，上部夹较多杂色页岩。石千峰组为暗紫色，灰白色砂砾岩、砂岩夹泥岩，局部含石膏。山西组—下石盒子组产大量植物化石，属华夏植物系，化石组合和太原附近的标准剖面非常类似，由于还产有腕足类 *Lingulla* sp.，应属以陆相为主的海陆交互相沉积。石千峰组化石稀少，根据岩性和邻区对比划为上二叠统上部。

扬子地层区二叠系出露齐全，本区的二叠系可分下统栖霞组、孤峰组、堰桥组，上统龙潭组、长兴组或大隆组。栖霞组为含燧石灰岩，江南隆起附近本组底部有一个不厚的煤系；孤峰组下部为硅质岩、硅质页岩，上部夹碎屑岩；堰桥组是一套含煤碎屑岩，在安徽称银屏组和武穴组，银屏组以页岩为主夹硅质岩，武穴组为碳酸盐岩，这三组地层都是西南诸地茅口组上部 *Yabeina—Neomisellina*䗴类化石带的同期异相沉积。龙潭组主要为海陆交互相碎屑岩，夹薄层石灰岩或钙质粉砂岩，含煤多层，多处见油砂；长兴组为海相碳酸盐岩，横向可变为含硅质的碎屑岩，称大隆组。

江南地层分区南部和北部的二叠系类似，唯孤峰组、堰桥组改称丁家山组。上二叠统陆相性加强，称礼贤组，大体和龙潭组相当，并包括部分堰桥组的成分。

扬子地层区的二叠系是我国二叠系分统划界建组的标准地点，分统划界据大量古生物化

石资料，目前基本没有争论，唯二叠系底界与国外有一定差异，他们是将相当于本区含 *Pseudoschwagerina* 带的船山组上部划归下二叠统，但从接触关系、䗴类化石的演化特点来看，还是放在目前的界线较为合适，因此本卷暂不做变动。

华南地层区的二叠系见于福建西部和浙江江山的南部，下统分栖霞组、文笔山组、童子岩组，上统分翠屏山组、长兴组或大隆组。栖霞组为岩性单一的石灰岩；文笔山组为海相泥岩、粉砂岩；童子岩组为海陆交互相煤系地层。翠屏山组也是海陆交互相煤系地层，唯古生物明显呈晚二叠世色彩；大隆组广泛分布于闽中、闽西南，为海相泥岩、粉砂岩，同期异相的长兴组为石灰岩，局限于大田、漳平一带。本区二叠纪生物茂盛，门类繁多，动物中的䗴类、腕足和菊石均能和扬子地层区对比，更接近于江南地层分区南部。

九、三叠系

分布于华北、扬子、华南三个地层区，分上、中、下三统，岩相变化很大，地层划分对比有较多困难。

华北地层区的三叠系为陆相沉积，仅见下统，下部称刘家沟组，上部称和尚沟组。下部岩性较粗，为紫红色砂岩、砾岩；上部岩性较细，以紫红色泥岩为主。刘家沟组产孢粉，以裸子植物花粉占优势，蕨类植物居次，有浓厚的早三叠世色彩。

扬子地层区的三叠系以下扬子分区和江南分区北部出露最全，中下统为海相沉积，上统为海陆交互相沉积。下统分为下青龙组、上青龙组（安徽称殷坑组、和龙山组、南陵湖组或扁担山组），主要为石灰岩夹泥岩。中统下部称周冲村组或东马鞍山组，为白云岩、角砾状灰岩、石膏层；上部为黄马青组（安徽称月山组及铜头尖组），为紫红色粉砂岩、砂质页岩。上统称范家塘组或拉犁尖组，为灰黑色砂、泥岩夹煤层，有海相化石。关于三叠系底界的确定，近年来在长兴葆青做了不少工作，发现“二叠纪型”腕足类与三叠纪早期菊石共生，说明二叠系与三叠系是连续过渡的，根据菊石和瓣鳃类化石的序列分析，把三叠系底界划在 *Otoceras latilobtunl* 带或 *Claraia Wangi* 组合的底部。至于中统和下统的界线，以往化石依据不足，常以白云岩出现作为中三叠统底界，近年所测的长兴葆青三叠系剖面，中上部也是白云岩，但产牙形刺 *Prioniodella* sp.， *Oyarkodinatortilis*? *Cornudina* sp.等早三叠世化石，因此，白云岩不能做为中统底界的标准，本卷以出现 *Eumorphotis* （*Asoella*） *illyrica*—*Myophoria*（*Costatoria*）*Submultistriata* 巴东动物群做为中统的底界。对于黄马青组的时代归属目前还有争论，鉴于轮藻 *Stellatochara* 和植物 *Ahnalepiszeilleri* 多见于中三叠统，因此本卷按多数人的意见把黄马青组归入中三叠统，而把含煤的范家塘组归于上三叠统。江南分区南部缺失中三叠统，下三叠统在安徽歙县称大冶组，主要为石灰岩、白云岩，底部为泥岩，产菊石 *Meekoceras* sp.，是早三叠世特有分子；在浙江衢县和江山称政棠组，为青灰色薄、中层泥岩夹粉砂岩、石灰岩，产双壳类 *Claraia wangi* 等，也是早三叠世的特有分子。中统缺失，上统不整合超覆在较老地层之上，在安徽歙县称安源组，沉积层序和古生物组合可与湘赣的安源组大致相当，在浙江衢县、江山称乌灶组，是一套含煤的碎屑岩，产大量植物化石，偶产海相双壳类，层位和安源组中上部相当。

华南地层区的三叠系在闽西南发育完整，下统包括溪口组和溪尾组，溪口组为灰绿、浅紫黄色粉砂质泥岩、粉砂岩、砂岩；溪尾组为紫红色粉砂岩、泥岩夹砂岩，和二叠系呈连续沉积，同样也有二叠、三叠系生物混合层，关于三叠系底界的划分意见和下扬子区相同。中统称安仁组，仅在小范围内出露。上统称大坑组、文宾山组，是一套陆相含煤碎屑岩，产与安源组相似的植物化石，在福建东南部有海相夹层，产 *Bakerelloides hekiensis* 等双壳类化

石，是日本晚三叠世的重要分子。

**十、侏罗系**

从晚三叠世开始，本区进入大陆边缘活动带发展阶段，地层区的界线被打破，主要形成大小不一的内陆湖盆，盆地内部地层相变较大，盆地与盆地之间同时代地层却有一定的可比性。

侏罗系在本区分布广泛，分下、中、上三统，常分别不整合在老地层之上。除下统在福建南部是一套海陆交互相含煤碎屑岩外，在其余地区下统和中统都是一套以河流相为主的陆相含煤沉积。下统常为灰白色石英砂砾岩和暗色砂、泥岩，有植物、双壳类、叶肢介等化石，下部以产植物 *Otozamites*—*Marattiopsis* 组合为特征，上部常产 *Otozamites*、*Ptilophyllum*、*Tyrmia* 和银杏类、松柏类、真蕨类植物，福建南部的海相夹层产菊石 *Arietites* sp.和 *Coroniceras* sp.中统常是杂色砂、页岩夹砾岩，浙江南部夹中酸性熔凝灰岩，产植物、双壳类、叶肢介等化石，植物以 *Coniopteris* spp.、*Ptilophyllum* 和 Pagiophyllum 数量增加，以及 *Cupressnocladus* 存在为特征。

上统主要是一套火山碎屑沉积岩系，其时代有晚侏罗世和早白垩世之争，一般可分下部红色沉积岩，中部火山岩、上部暗色沉积岩三部分。石台—镇江以北，中部火山岩以中基性、碱性火山岩为主，厚度较小，属碱性系列；石台—镇江以南以中酸性火山岩为主，属钙碱系列，厚度较大，所产化石以浙江建德地区劳村组、黄尖组、寿昌组为标准，称建德生物群，多数古生物工作者认为建德生物群归早白垩世，根据同位素年龄、古地磁资料分析也符合这一种意见；但双壳类古生物工作者坚持将其划为上侏罗统，考虑到多年来大多数地质单位已把这套地层划为上侏罗统，为了习惯应用的方便，本卷仍把它划为上侏罗统。

浙江象山石浦有一套碎屑岩、火山岩和石灰岩，属海陆交互相沉积，多年来习惯称之为“石浦灰岩”，关于其时代有古生代、中生代、新生代之争，近年来浙江石油地质研究所做了大量工作，采到腹足、介形、龙介虫、孢粉、叠层石等化石，由于变质程度较高，化石不能鉴定到种，结合同位素年龄、相变规律等各方面资料推测，把它定为侏罗—白垩系，同时也说明晚侏罗世末、早白垩世初本区有海水入侵。

**十一、白垩系**

白垩系遍布全区，可分上、下二统。在浙江由下而上称为馆头组、朝川组、方岩组、兰溪组、衢县组。馆头组常不整合于老地层之上，是一套以暗色为主的碎屑岩夹火山岩，朝川组是一套以红色为主的碎屑岩夹火山岩，二者所产化石合称永康生物群，归白垩系下统。方岩组是一套巨厚的山麓相砾岩；兰溪组常为暗紫红色砂、泥岩，夹石膏，有时含盐，属于旱环境下内陆湖相沉积；衢县组以砖红色河流相砂岩为主；方岩、兰溪、衢县三组所产化石合称衢江生物群，归白垩系上统。

华北地层区产衢江生物群的地层称响导铺组、张桥组，在北淮阳地层区称符桥组、三尖铺组，下扬子地层区称浦口组、赤山组，华南地层区的闽西南分区称沙县组、赤石组，化石都没有浙江丰富，但岩性组合和浙江接近。一般不夹火山岩，大体在绍兴—江山一线以北，夹少量玄武岩、安山岩，绍兴—江山一线以南，浙江东南部和闽东、闽南地区夹中酸性火山岩。

关于江苏泰州组，浙江桐乡分组的时代一直有晚白垩世和早第三纪之争，都产丰富的 *Cypridea* 属，壳饰有瘤刺装饰，*Talicypridea* 属分异度高，根据介形虫演化的特点，本应把桐乡组和泰州组都归入上白垩统顶部，由于江苏油田等单位仍把泰州组归为下第三系，本卷

暂不改变。

## 十二、下第三系

下第三系主要发育于苏北盆地，除华南地层区外，其它地层区都有一定面积的分布。

下第三系分古新、始新、渐新三统，在苏北盆地包括泰州、阜宁、戴南、三垛四组。泰州组以紫红色砂、泥岩为主，上部为黑色泥岩，时代暂归古新世。阜宁组一段也属古新世，为棕红色砂岩夹泥岩，含石膏结核，介形类和轮藻组合属中生代残留分子和新生代新生类型，但以新生代的属种占优势；阜宁组二～四段属古新世至渐新世，下部为灰色至灰黑色灰质泥岩夹薄层生物灰岩、泥灰岩，中上部为灰白色砂岩与灰黑色泥岩互层夹泥灰岩、生物灰岩与油页岩，轮藻植物群和介形类动物群以第三纪的属种大量繁殖并代替了混生类型的组合为特征。戴南组属中始新统，为棕红色砂岩与灰绿、灰黑、咖啡色泥岩互层，底部为砾岩夹泥岩，产轮藻和介形类化石。三垛组为棕红色泥岩、粉砂岩，含石膏团块，局部夹黑色泥岩和多层玄武岩，顶部以灰绿色泥岩为主，底部为砂砾岩。介形类和轮藻组合应属渐新统，考虑到轮藻有始新统的成分，因此把它划为上始新统至渐新统。

在化石和岩性组合上都有许多证据，说明泰州组相当于浙江的桐乡组，阜宁组一段相当于浙江的长河组一段、皖北的桑涧子组；阜宁组二至四段相当于长河组二段、皖南的双塔群下部、皖北的定远组。戴南组相当于长河组三段。三垛组相当于长河组四段。困难的是苏北盆地和华北地层区阜阳凹陷下第三系对比，华北地层区下第三系缺失古新统，双浮组底砾岩直接不整合于老地层之上，主要是一套褐色、灰棕色细砂岩与泥岩、粉砂质泥岩互层，产介形虫 *Sinocypris pulchra*、轮藻 *Peckichora* 等，大体相当于阜宁组二至四段，应属古新统一始新统。界首组为深棕色泥岩与浅棕红色细砂岩，往北至砀山一带岩性变细，泥钙质成分增加，并夹有泥灰岩、钙质泥岩、含石膏泥岩，含介形类 *Cyprinotus nehandus* 等，轮藻 *Obtusochara jcantingensis Gyrogona qianjianensis* 组合，大体相当于江苏的戴南组和三垛组。

## 十三、上第三系

上第三系区内分布较广，分中新、上新两统，长江以北厚度较大，可达千余米。华北地层区的中下中新统称馆陶组，上中新统至上新统称明化镇组，苏北中新统和上新统合称盐城组。馆陶组和盐城组下部为灰白色砂砾岩夹棕红、灰绿色砂、泥岩，苏北局部夹玄武岩，产孢粉，松科较多，阔叶树不少，草本较少，并有菱属、水蕨属存在。明化镇组和盐城组中上部为黄土、灰白、灰绿、浅棕红色砂质泥岩、砂岩、砂砾岩，产孢粉，开始以温湿树种为主，到上部温湿树种减少，草本大量增加。长江以南上第三系厚度减少，仅百余米，包括中新和上新统，浙江称嵊县组、福建称佛昙群，为深灰色橄榄玄武岩夹粗砂、砂砾、砂质粘土、硅藻土、油页岩和褐煤。嵊县组下部产山毛榉科、山核桃属、菱属和一些亚热带分子的植物群，时代偏向中新世；嵊县组上部产栎属、山核桃属、榆属和桦科孢粉，以松科增加为特征，时代偏向上新世。

# 第四章 区域构造

## 第一节 概　述

从第三章可以看出，华北地层区、北淮阳地层区、下扬子地层区、华南地层区在早古生代时其地层序列、沉积特征、生物面貌都有明显差异，晚古生代至中三叠世下扬子和华南地层区比较相似，而与华北迥异，说明在晚三叠世以前本区北方与南方关系不密切。

华北地层区早古生代是台相沉积，北淮阳地层区下古生界地层缺失，沿走向西延至秦岭地区是槽相沉积，一般认为是华北准地台的陆缘。

下扬子地层区早古生代是台相或坳拉槽沉积，华南地层区是槽相沉积，两者在地层序列、沉积特征、生物面貌和变质程度上有较大差异，但可通过钱塘坳拉槽逐渐过渡，从下扬子→钱塘→华南，南沱期都有类似的冰碛层和间冰期的铁锰矿层，下寒武统都有石煤，寒武纪的三叶虫化石由底栖渐变为游泳，奥陶纪笔石带逐渐增多，说明华南地层区和下扬子地层区是逐渐过渡的，是下扬子的陆缘地带。

关于震旦纪—古生代北方与南方是否属于同一大陆，目前尚有争论，一种意见认为，震旦纪时已联合成统一古陆，以后出现陆间裂陷槽，逐渐破裂，印支期以后又重新拼合；另一种意见认为，晚三叠世前一直是相距很远的两个板块，印支运动后才相互拼合。本卷采用前一种意见。

四个地层区有四种不同的基底，华北地层区在早元古代末（1700百万年），就结束地槽发展阶段；北淮阳地层区，由地槽转化成地台是在上古生代后；下扬子地层区在青白口期末（800百万年）晋宁运动后由地槽转化成准地台；华南地层区在加里东运动后（405百万年）由地槽转化成准地台。

这四个地层区在构造上分别称为华北准地台（华北块体）、北淮阳褶皱带（北淮阳块体）、扬子准地台（下扬子块体）和华南褶皱系、东南沿海褶皱系（华南块体）。

晚元古代以来，本区在大地构造发展中有五个最重要的转折点（表1-4-1）：

1）从青白口纪开始，下扬子块体和华南块体逐渐靠拢，至震旦纪初二者拼合，很可能还和华北、北淮阳块体联结在一起形成巨大的古中国地台；

2）寒武纪开始，古中国地台解体，北淮阳地区裂陷，成为秦岭地槽东段，下扬子块体内部进一步裂陷，形成钱塘坳拉槽，华南块体在福建境内形成台缘的冒地槽沉积；

3）加里东运动后华南地槽封闭；

4）印支运动使华北块体和下扬子块体拼合，全区进入大陆边缘活动带发展阶段，中新生代构造格局逐步形成；

5）喜马拉雅旋回以来，随着欧亚大陆与印度次大陆的碰撞以及西太平洋岛弧边缘海的出现，中国现代构造地貌形成。

表 1-4-1　苏浙皖闽油气区构造旋回、构造层及大地构造发展简表

| 地质时代及代号 | | 构造旋回 | | 地壳运动 | 华北准地台 | 秦岭褶皱系 | 扬子准地台 | 华南褶皱系 | 大地构造演化 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 新生代 | 第四纪 | 喜马拉雅 | X | 晚喜马拉雅运动 | Dx; $Dx^3$ | | | | 大陆边缘活动带阶段 |
| | 第三纪 | | | 三垛运动<br>吴堡运动 | $Dx^2$; $Dx^1$ | | | | |
| 中生代 | 白垩纪 | 燕山 | Y | 喜马拉雅运动序幕<br>燕山运动Ⅳ幕<br>燕山运动Ⅲ幕 | Dy; $Dy^5$; $Dy^4$ | | | | 滨太平洋大陆边缘活动带改造 |
| | 侏罗纪 | | | 燕山运动Ⅱ幕<br>燕山运动Ⅰ幕 | $Dy^3$; $Dy^2$; $Dy^1$ | | $Dy^1$ | | |
| | 三叠纪 | 印支—华力西 | I—V | 晚印支运动<br>早印支运动 | | | $Wh_2^2$ | $Jh^2$ | 北淮阳地槽封闭整体大陆产生 |
| 古生代 | 二叠纪 | | | 东吴运动 | Fh; $Fh_3$ | V—I | $Wh_2$ | Jh | 准地台阶段；地槽阶段；地台阶段；准地台阶段 |
| | 石炭纪 | | | 云南运动　华力西运动 | | | | | |
| | 泥盆纪 | | | 淮南运动<br>柳江运动 | | | $Wh_2^1$ | $Jh^1$ | |
| | 志留纪 | 加里东 | C | 晚加里东(广西)运动 | | | Wh; $Wh_1^3$ | | 华南地槽封闭，形成准地台 |
| | 奥陶纪 | | | 中加里东(宜昌)运动 | $Fh_2$; $Fh_2^2$ | | | | |
| | 寒武纪 | 加里东—澄江 | C—Ch | 早加里东(冶里)运动<br>霍丘运动桐湾运动 | $Fh_2^1$ | | $Wh_1^2$ | | 古中国地台解体 |
| 晚元古代 | 震旦纪 | 霍丘 | H | | $Fh_1$; $Fh_1^2$; $Fh_1^1$ | | $Wh_1$; $Wh_1^1$ | J | 扬子准地台形成和华北准地台拼合 |
| | 青白口纪 | 皖南 | W | 晋宁运动 | | $W_2$ | $W_2$ | | 准地台基底形成阶段 |
| | 蓟县纪 | | | 皖南运动、神功运动 | | | | ? | |
| | 长城纪 | | ? | 凤阳运动 | | | | | 华北准地台基本形成 |
| 早元古代 | | 凤阳 | F | 大别运动 | F | F | F | | 准地台基本形成阶段 |
| 太古代 | | 蚌埠 | B | | B | ? | B　? | ? | 陆核形成 |

注：B、F、J、W、V—I代表蚌埠、凤阳、皖南、加里东、华力西—印支地槽型构造层；Fh、Wh、Jh代表后凤阳、后皖南、后加里东地台型构造层；Dy、Dx代表燕山、喜山大陆边缘型构造层；Fh、$Fh_1$、$Fh_1^1$分别表示构造层、亚构造层、小构造层。

## 第二节 基底结构

根据石油、地质、地震等生产和科研部门的大量区域地球物理资料，说明本区地壳具有层、块结构，纵向上可以分层，横向上可以分块，每一个大的层块在宏观上虽然近似，但在微观上是非均质的，是各向异性的。

据永平、闽南、HQ—13线和不同地区所取得的地壳速度资料，说明地壳在纵向上可以分层，不同的波速层在不同的构造单元中所代表的地质意义不尽相同，但也有相似性，一般来说各波速层的地质含义是：

| | | |
|---|---|---|
| 上地壳 | $V_p=4.92\sim5.0km/s$ | 表层，陆相中新生界 |
| | $V_p=5.59\sim5.8km/s$ | 海相中古生界 |
| | $V_p=5.9\sim6.07km/s$ | 浅变质岩系或花岗岩 |
| | $V_p=6.14\sim6.3km/s$ | 深变质岩系 |
| 下地壳 | $V_p=5.89\sim6.0km/s$ | 壳内低速层 |
| | $V_p=6.88\sim7.0km/s$ | 下地壳高速层 |
| | $V_p=8.1\sim8.2km/s$ | 莫霍面 |

根据布伽重力异常图、莫霍面深度和地壳速度剖面图、航磁异常△Ta平面图，本区进一步可分为华北块体、北淮阳块体，下扬子块体、华南块体和沿海块体，每个块体都以重力梯度带或异常带分界。现将各块体深部构造的主要特点简述如下：

1）华北块体：航磁和重力测量表现为以宽缓的正异常为主，间有幅度不大的负异常，异常方向多变。莫霍面向西平缓下沉，埋深在33公里左右，地壳一般为5～6层结构，上地壳平均厚17.5公里，下地壳平均厚15公里左右，岩石圈结构稳定。

2）北淮阳块体：以桐城—金寨航磁和重力梯度带为界，分成北西走向的南北两块，北块重力表现为宽缓的正负异常相间，航磁表现为一带状负异常；南块的北、东、南三侧为重力梯度带围限，主体为一大型重力负异常，最小负异常值在-70毫伽；莫霍面明显下坳，最大埋深在40公里左右，航磁为宽缓的正异常；邻区湖北麻城测得地壳为三层式结构，上地壳厚约22公里，主要为深变质岩系，下地壳厚10余公里，没有壳内低速层。

3）下扬子块体：布伽重力图上表现为一舌状负重力异常插进正重力异常区，单体异常轴向以北东向为主，在舌状负重力异常区四周，单体异常轴向围绕舌状异常发生偏转。正重力异常区地壳一般为5～6层结构，上地壳厚15.5～17公里左右，最厚可达20公里，下地壳平均厚16～17公里左右，最薄仅12公里，普遍有壳内低速层；在舌状负重力异常区地壳为4～5层结构，上地壳厚19公里左右，下地壳厚13～14公里。莫霍面东抬西陷，变化在30～35公里范围内。航磁以南通、南京一线为界，北部以平缓大片的负异常为主，以南为北东向的正异常中夹负异常。

4）华南块体：航磁为北东、北北东向正异常带，间杂小片负异常。布伽重力图上为一北东走向的大型负重力异常区，并分割成多个北东、北西向宽缓的异常带。莫霍面为一北东向下陷带，最大埋深可达36公里；地壳为三层结构，属结构简单类型，上地壳厚20余公里，下地壳厚度仅10公里左右，没有壳内低速层，这种简单的地壳结构，说明地壳成分曾

经历过深度的均一化过程，为分异完全和已固化成熟的陆壳。

5）沿海块体：航磁主要为密集的北东走向正异常带，布伽重力和莫霍面为北东向梯度带，梯度带宽50～100公里，温州以北发散变宽，往南至潮州人海，后转向西行；莫霍面最浅埋深在30公里左右，地壳结构和华北、下扬子块体类似，具5层结构，上地壳厚13～14公里，下地壳厚15～16公里，有壳内低速层。

## 第三节　主要构造单元简述

根据历史分析的方法，本卷对本油气区上地壳的主要构造单元进行了划分。一级构造单元的划分着重于其发展的全过程和总的结果；二级构造单元的划分是把一级构造单元之中具有不同地质发展史的地质体划分出来，主要考虑中三叠世以前的地质历史，中三叠世后全区进入大陆边缘活动带发展阶段，打破了原有的构造格局，大大小小以陆相为主的盆地上叠在不同构造单元之上。中三叠世以后的地质历史不做构造单元划分的主要考虑因素，对其将另行讨论。现对本区主要构造单元（见图1—4—1）简述如下。

**一、华北准地台（Ⅰ）**

即华北块体，是我国时代最老、规模最大的准地台，本油气区仅占该准地台南部一小部分。最初陆核可能形成于3000百万年之前，徐淮地区的陆核在2500百万年时也基本形成，2000百万年前时准地台的主体部分基本固结，基底称为五河群、霍丘群、朐山组，根据原岩恢复应属于优地槽相的火山—沉积岩系列，由火山岩和砂、泥岩、碳酸盐岩组成多旋回复理石和硅铁质建造。盖层可分四套：上元古界青白口系—震旦系，为单陆屑建造和藻礁碳酸盐建造，厚度达5000米，属于活动性较大的准地台型沉积；寒武系—中奥陶统为浅海碳酸盐建造，厚2000米，为典型的地台型沉积；上奥陶统—下石炭统缺失，上、下古生界之间为假整合接触；上石炭统—下二叠统属海陆交互相—陆相复陆屑含煤建造，上二叠统为陆相红色建造，属于地台发展后期的沉积；晚三叠世印支运动后，进入大陆边缘活动带发展阶段。燕山旋回使地台盖层强烈褶皱断裂，原有格局发生根本变革。侏罗纪—新生代以断块升降运动为主，伴以玄武岩喷溢，形成合肥、阜阳、黄口、蒿沟等盆地。

*1.苏鲁断隆*（$Ⅰ_1$）

位于江苏境内，郯庐断裂以东，由上太古界、下元古界的朐山群构成基底。

*2.华北断坳*（$Ⅰ_2$）

进一步可分华北台坳、蚌埠台隆、淮南台坳、合肥台隆等构造单元。台隆部分由上太古界—中元古界深变质岩系组成，仅见中、新生代盖层。台坳部分由青白口系—奥陶系，石炭系—下三叠统组成盖层，淮北台坳青白口系—奥陶系厚6000米，石炭系—下三叠统厚2000米；淮南台坳震旦系出露不全，青白口系—二叠系总厚约4700米。

**二、秦岭褶皱系（Ⅱ）**

秦岭褶皱系位于中国中部，由甘肃向东延至本区，后被郯庐断层所切而不复出现，本油气区仅占其东段即物探上的北淮阳块体；北以肥西—韩摆渡断裂与华北准地台分界，南以连云港—黄梅断裂与下扬子准地台相隔。

*1.北淮阳褶皱带*（$Ⅱ_1$）

为北秦岭加里东褶皱带的东延部分，南北均为断层所限，呈北西西向长条带延伸。出露地层主要有三套，均已遭受不同程度的变质。基底有两套：下部是中下元古界卢镇关群，属

火山—砂、泥质复理石建造，呈低角闪岩相，叠加变质后期变为高绿泥石相；上部包括上元古界和震旦系，上元古界佛子岭群，属砂、泥质复理石建造，呈高绿片岩相；震旦系商城群不整合在佛子岭群之上，出露200米的类复理石建造，属冒地槽沉积；石炭系梅山群的建造属性尚有争论，为海陆交互相粗碎屑岩系，岩石轻度变质，可能属于地槽型沉积；侏罗纪以后整体断陷，构成合肥盆地南部基底，中、新生界厚近万米。

2.大别断隆（$Ⅱ_2$）

南北都受断层所限。出露上太古界的大别群，原岩为火山—砂、泥质复理石建造；呈绿片岩相，部分麻粒岩相、高绿片岩相，基性、超基性岩异常发育，且密集成带状分布；中元古界宿松群，原岩为含磷含钙砂、泥质复理石建造夹流纹岩及少量安山岩，呈高绿片岩相。关于本构造单元的属性有多种认识，总的看来，它与秦岭褶皱系有密不可分的联系，构成了秦岭褶皱系东段的一个活动性极大的向西倾没、向东翘起的地背斜型隆起带。

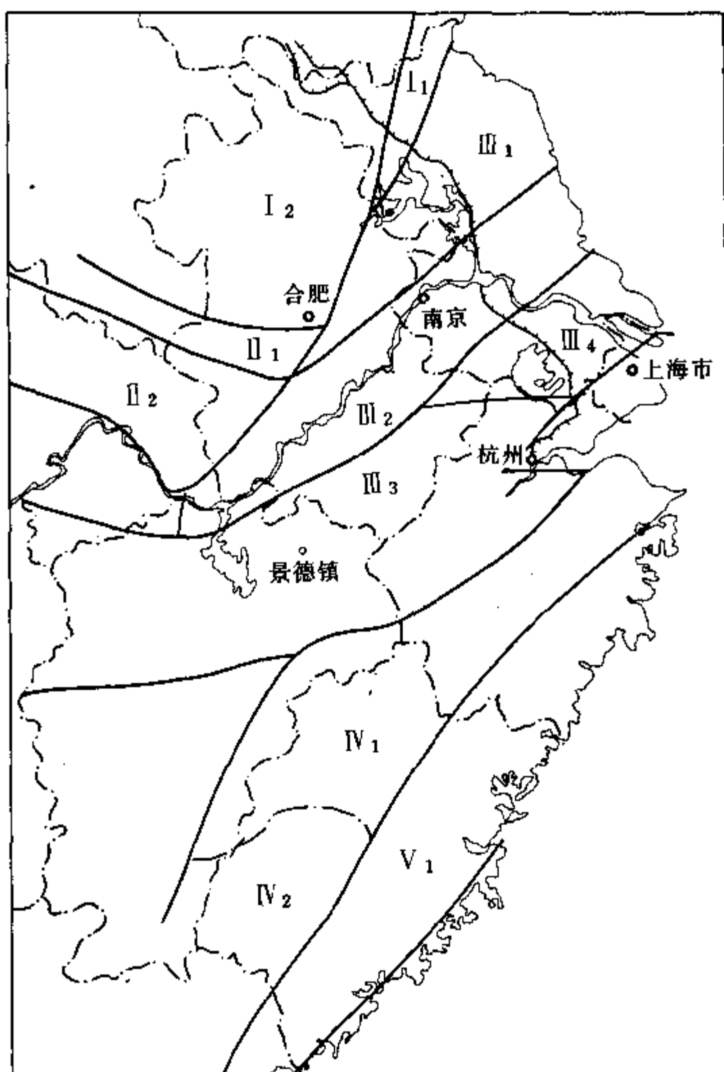



图1-4-1　苏浙皖闽油气区构造分区图

Ⅰ—华北准地台；$Ⅰ_1$—苏鲁断隆；$Ⅰ_2$—华北断坳；Ⅱ—秦岭褶皱系；$Ⅱ_1$—北淮阳褶皱带；$Ⅱ_2$—大别断隆；Ⅲ—下扬子台坳；$Ⅲ_1$—滁河台陷；$Ⅲ_2$—沿江台坪；$Ⅲ_3$—钱塘坳拉槽；$Ⅲ_4$—沪杭过渡带；Ⅳ—华南褶皱系；$Ⅳ_1$—四明—武夷隆起；$Ⅳ_2$—闽西南褶皱带；Ⅴ—东南沿海褶皱系；$Ⅴ_1$—浙闽中生代火山岩带；$Ⅴ_2$—东山变质带

## 三、下扬子台坳（Ⅲ，也称下扬子准地台）

扬子准地台是由青白口纪末晋宁运动形成的一个大型地台，其范围从云南东部、四川延伸到江苏、南黄海。本油气区仅占其东部，即习惯上所称的下扬子准地台（物探上称下扬子块体），北部以连云港—黄梅断裂与华北准地台分界，南部以绍兴—江山断裂与华南褶皱系相隔。

下扬子台坳内至今没有发现早于中元古代的地层。地槽基底具双层式结构，下部为中元

古界深变质岩埤城群、金山群或浅变质的双溪坞群、上溪群，类似优地槽沉积；上部为青白口系沥口群、骆家门组+虹赤村组+上墅组、张八岭群，类似冒地槽沉积。沉积盖层发育良好，地台盖层可分上、下二大套，下部为震旦系—志留系，最大厚度超过10000米；上部为上泥盆统—中三叠统，为典型的地台型沉积，厚2000米左右。晚三叠世以来进入大陆边缘活动带发展阶段，除下扬子地区西部、北部上三叠统有海相、海陆交互相沉积，白垩纪—新生代受过几次短暂的海侵影响外，均为陆相沉积。主要构造运动有三次，第一次为印支运动，使本区抬起基本成陆，形成当前褶皱构造的雏形；第二次为燕山运动，这是古生代以来本区所遭受的最强烈的一次构造运动，发生大规模的逆掩和逆冲，形成盖层褶皱断裂带，并伴有以中酸性为主的强烈岩浆活动；第三次是喜马拉雅运动，地台东北部发生剧烈沉陷，使燕山晚期已形成的苏北等盆地进一步发展。又分为（详见第五章）：

1.滁河台陷（$Ⅲ_1$）

2.沿江台坪（$Ⅲ_2$）

3.钱塘坳拉槽（$Ⅲ_3$）

4.沪杭过渡带（$Ⅲ_4$）

**四、华南褶皱系**（Ⅳ）

位于扬子准地台南，绍兴—江山断裂与丽水—大埔断裂之间（暂定），本油气区仅占其中一小部分，物探上称华南块体，包括浙江西南部和福建西部。对其构造属性争论很大，本卷认为华南褶皱系和下扬子准地台之间在晋宁运动前可能存在一个海洋，其北为青白口期岛弧海沟体系，海洋之南为华夏微型大陆及其陆缘地带，晋宁期拼合。晋宁运动后，华夏隆起南缘形成冒地槽，震旦系—奥陶系发育砂、泥质类复理石建造；加里东运动使地层褶皱隆起变质，成为华南褶皱系的一部分。上泥盆统—中三叠统为准地台型盖层，岩性特征与下扬子地区类似。印支运动明显，但海侵结束较晚，福建南部的上三叠统、下侏罗统都夹海相层，由南而北海相层逐渐减少。燕山运动特别强烈，准地台盖层和中下侏罗统陆盆（夹部分海相层）发生强烈褶皱和断裂，并形成推覆体，晚侏罗世—早白垩世有强烈的火山活动，火山活动宁静之后，在若干小型断陷盆地中堆积了内陆湖相和红色类磨拉石建造。喜马拉雅运动也很强烈。

*1.四明—武夷隆起*（$Ⅳ_1$）

中元古界的陈蔡群、建瓯群形成深变质基底，震旦系仅见于南部，假整合在变质基底之上，震旦系—奥陶系为砂、泥质复理石、类复理石建造，变质较深，至今没有找到化石；上泥盆统—中三叠统盖层逐渐北超，厚度变薄，上三叠统—中侏罗统全为陆相沉积，侏罗、白垩纪火山活动较强。

*2.闽西南褶皱带*（$Ⅳ_2$）

震旦系—奥陶系也为砂、泥质复理石、类复理石建造，变质程度较浅，找到过一些化石；上泥盆统—中三叠统为准地台盖层，厚度大，形成两个复向斜和一个复背斜，上三叠统和下侏罗统均受海侵影响夹火山岩，侏罗、白垩纪火山活动较弱。

**五、东南沿海褶皱系**（Ⅴ）

本构造单元为大面积中生代火山岩所覆盖，火山岩之下可能有古生界，目前暂单独划为一个构造单元，西界暂定为丽水—大埔断裂。

*1.浙闽中生代火山岩带*（$Ⅴ_1$）

位于余姚—大埔断裂以东，长乐—南澳断裂以西的北北东向狭长地带，带内中生代火山

岩大面积覆盖，基底地层很少暴露，可能有上古生界，也有下古生界。

*2.东山变质带（$V_2$）*

位于长乐—南澳断裂带以东的福建沿海地区，基底为深变质的古生代地层。

## 第四节 主 要 断 裂

**一、两大断裂体系**

通过地质、地球物理资料的综合分析，本区主要断裂有31条，分别属于黄汲清等所称的古亚洲断裂体系和滨（环）太平洋断裂体系（表1-4-2、图1-4-2）。

古亚洲断裂体系发育于华北准地台和秦岭褶皱系范围内，是一个元古代—古生代的大断裂体系，控制着秦岭地槽系和华北准地台元古代—古生代的大地构造发展。可分两组，一组近东西走向，分布在华北准地台和秦岭褶皱系范围内。另一组呈北东走向，分布在下扬子准地台、华北准地台分界处，断裂切割深，达下地壳，断线常为推覆体的前缘。

滨（环）太平洋断裂体系主要产于下扬子准地台和华南褶皱系范围内，是一个中、新生代强烈活动的、内容复杂的断裂体系，有些断裂（主要是北东向的）是古亚洲断裂体系重新活动的结果，包括北东、北北东、北西、东西向四组。北东向断裂多为震旦纪开始就存在的断裂，对下扬子准地台、古生代地层的沉积起着控制作用；在燕山期又重新复活，成逆冲、逆掩或推覆体。北北东向断裂是燕山期形成的断裂，具平移性质，有时带压扭性，有时具张扭性；北西向断裂和东西向断裂形成于燕山晚期和喜马拉雅运动，以张扭性为主。

**二、边界断裂（编号见表1-4-2）**

*1.肥西—韩摆渡断裂（编号3）*

位于华北准地台和秦岭褶皱系分界的东西向重力密集梯度带上，卫星图片反映较明显，断裂两侧基底岩性有明显差异，防虎山一带上元古界佛子岭群逆掩于侏罗系之上，说明该断裂在燕山运动期间仍有活动，新生代为北升南降的正断层。

*2.磨子潭—晓天断裂（编号5）*

是大别断隆和北淮阳褶皱带分界的北西西向地表断裂，断裂带上发育2～4公里宽的糜棱岩带，断面产状北倾，倾向变化大，具有推覆性质，航磁反映明显，北侧为负异常，南侧为杂乱正磁异常，断层断距可达10公里以上。

*3.连云港—泗阳断裂（编号6）*

北东走向，是华北准地台和扬子准地台的分界断裂，从大地电磁资料可以看出本断裂是一个由北向南推覆的推覆体（双沟推覆体）的前缘，断裂深达下地壳。

*4.绍兴—江山断裂（编号16）*

北东走向，是下扬子台坳和华南褶皱系的分界断裂，航磁表现为沿北东方向变化剧烈的线性异常带，磁场上延不同高度之后仍然清晰可见，重力场呈现为7～5毫伽的高异常带，以其为界东西两侧分别为重力异常低值和高值区，根据浙西北和浙东南两侧地质历史发展的不同，认为该断裂在前寒武纪已存在。

*5.郯城—庐江断裂（编号20）*

走向为NE20°，以西倾为主，断层带上挤压破碎明显，主要断层期发生于晚侏罗世之前，燕山、喜山期仍有活动，一般认为是一条断至地壳的大型平移断层，秦岭褶皱系东延至此被本断裂系切割而不复出现。

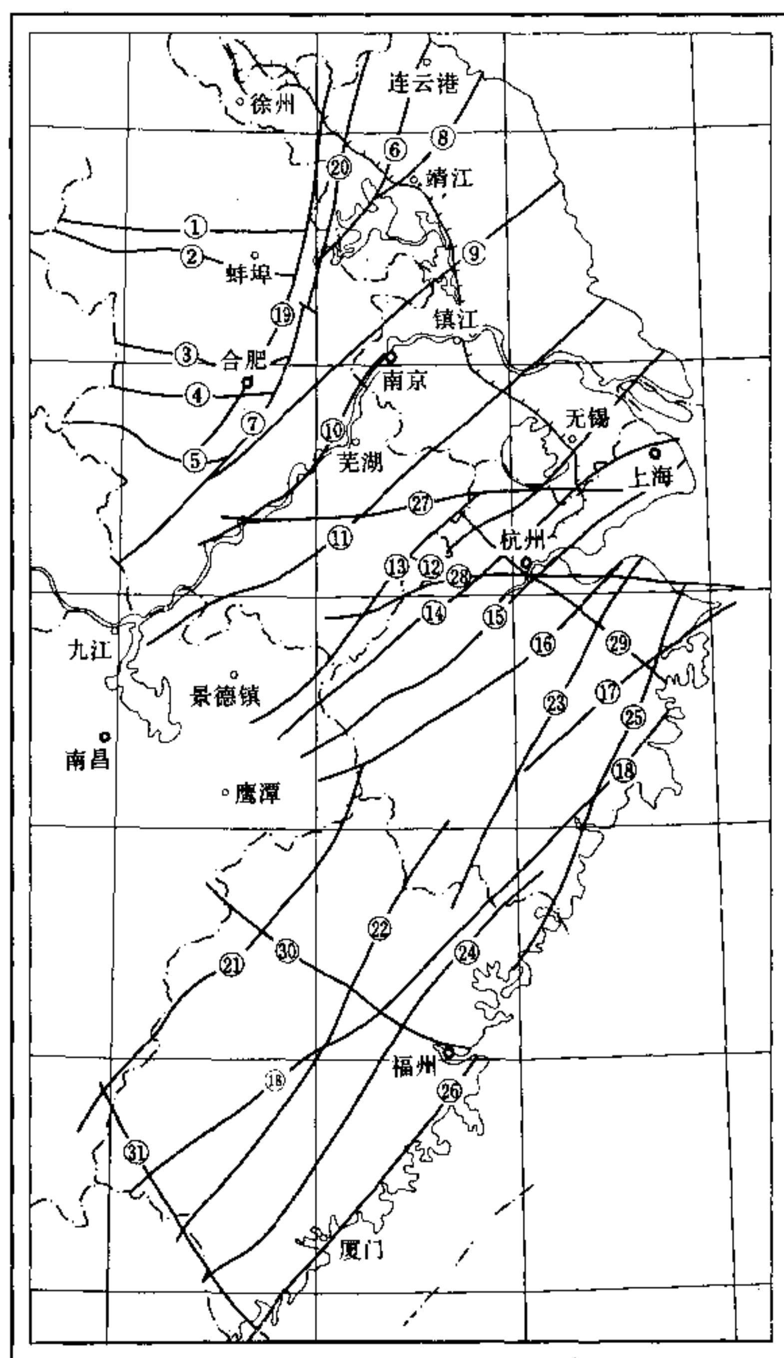



图 1-4-2　苏浙皖闽油气区主断裂公布图

*6.余姚—丽水断裂（编号 23）*

走向为 NE20°，断裂带挤压破碎明显，同方向断裂密集分布，对晚侏罗世火山岩和白垩纪沉积盆地的分布有控制作用，地表观察主要是一系列左行压扭性断裂，航磁反映不明显。

*7.长乐—南澳断裂（编号 26）*

重力图上为北北东向异常梯度带，沿闽粤沿海延伸，向南至广东海岸转成北东东向，地

**表 1-4-2　苏浙皖闽油气区主干断裂主要特点表**

| 断裂名称 | | | 级别 | 方向 | 强烈活动时代 | 岩浆活动 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 体系 | 位置 | 带 | | | | | |
| 古亚洲 | 蚌埠台隆北 | 1.太和—五和 | 基底 | E—W | Pt、Mz | | |
| | 蚌埠台隆南 | 2.临泉—刘府 | 基底 | E—W | Pt、Mz | | |
| | 北淮阳北 | 3.肥西—韩摆渡 | 壳 | E—W | Pt、Mz | | 重力梯度带 |
| | 北淮阳 | 4.六安 | 盖层 | E—W | Mz | | 重力梯度带 |
| | 北淮阳南 | 5.磨子潭—晓天 | 壳 | E—W | Pt、Mz | | 航磁变化带 |
| 滨太平洋 | 华北台坳南 | 6.连云港—泗阳 | 壳 | NE | Pt、Pz、Mz | | 物探推覆体 |
| | 华北台坳南 | 7.桐城—太湖 | 壳 | NE | Pt、Pz、Mz | | 重力梯度带 |
| | 下扬子 | 8.淮阴—响水口 | 基底 | NE | Pt、Mz | | 重力变化带 |
| | 下扬子 | 9.滁河 | 基底 | NE | $Pz_1$、Mz、Kz | | 岩相差异 |
| | 下扬子 | 10.长江 | 盖层 | NE | Mz | 火山活动带 | 航磁异常带 |
| | 下扬子 | 11.江南 | 基底 | NE | Pz | $\beta$ | 岩相差异 |
| | 下扬子 | 12.苏州—湖州 | 基底 | NE | Mz、Pz | $\gamma$ | |
| | 下扬子 | 13.浙皖赣 | 壳 | NE | Pt、Pz、Mz | $\varepsilon$ | 蛇绿岩套 |
| | 下扬子 | 14.上海—马金 | 基底 | NE | Pz、Mz | $\gamma$ | 岩相变异 |
| | 下扬子 | 15.奉贤—球川 | 基底 | NE | Pz、Mz | $\gamma$ | 重力变化带 |
| | 下扬子南 | 16.绍兴—江山 | 壳 | NE | Pt、Pz、Mz | $\gamma$、$\beta$ | 重力航磁变化 |
| | 华南 | 17.象山港—仙居 | 基底 | NE | Mz | | 航磁异常 |
| | 华南 | 18.黄岩—占田 | 盖层 | NE | Mz | | |
| | 郯庐 | 19.郯县—舒城 | 盖层 | NNE | Mz | $\gamma$ | |
| | 郯庐 | 20.郯城—庐江 | 壳 | NNE | Mz、Kz | $\gamma$ | 航磁重力异常 |
| | 东南沿海 | 21.崇安—石城 | 基底 | NNE | Mz | | |
| | 东南沿海 | 22.政和—大埔 | 基底 | NNE | Mz | $\gamma$、$\varepsilon$ | 断裂密集带 |
| | 东南沿海 | 23.余姚—丽水 | 基底 | NNE | Mz | $\gamma$ | 断裂密集带 |
| | 东南沿海 | 24.福安—平和 | 基底 | NNE | Mz | | |
| | 东南沿海 | 25.镇海—温州 | 基底 | NNE | Mz | | |
| | 东南沿海 | 26.长乐—南澳 | 壳 | NNE | $Pz_1$ | | 重力梯度带 |
| | 东南沿海 | 27.湖州—贵池 | 盖层 | E—W | Mz、$Pz_1$ | | 重力梯度带 |
| | 东南沿海 | 28.临安—休宁 | 盖层 | E—W | Mz、$Pz_1$ | | 重力梯度带 |
| | 东南沿海 | 29.孝丰—三门 | 基底 | NW | Mz、Kz | $\gamma$ | |
| | 东南沿海 | 30.南昌—闽清 | 基底 | NW | Mz | | |
| | 东南沿海 | 31.吉水—云霄 | 基底 | NW | Mz | | |

质上表现为一个构造—岩浆变质杂岩带，沿断裂带分布的变质岩系，经近年来区域地质调查已确定为中生代地层和花岗岩遭受动力变质的产物。

## 第五节　中、新生代盆地

### 一、六个地层组合

根据已有的古生物资料，结合地层之间的接触关系，以及各个构造运动幕在不同盆地的不同表现，将上三叠统—上第三系划分为以下六个地层组合，每个地层组合大体具有同时性，并为一定的构造运动界面所分隔。在一定的地质条件下，成为一个独立的成油气组合。

1）上三叠统—中侏罗统：主要为中小型山间盆地或山前坳陷的碎屑含煤建造，局部夹火山岩，福建南部的上三叠统—下侏罗统常为滨—浅海碎屑含煤建造。

2）上侏罗统—下白垩统下部：浙江的建德群是典型代表，为山间盆地火山碎屑建造，上部出现暗色岩建造，顶部颜色变红，粒度变粗。

3）下白垩统中上部：典型代表是浙江的永康群，下部是暗色河湖建造，上部是红色建造，向上变粗，成类磨拉石建造。各地差异较大，福建以火山岩为主。

4）上白垩统中下部：典型代表是浙江的衢江群，主要是红色混积岩，上下岩性粗，常夹膏盐，含膏盐处地层颜色迅速变暗，在浙江省中部地区该层夹较多火山岩。

5）上白垩统上部—渐新统：典型代表是江苏的泰州组、阜宁组、戴南组、三垛组，上下呈红色，中间为暗色，为海泛湖相暗色泥岩建造，夹玄武岩。

6）上第三系：苏北称盐城组，沉积厚度较大，其它地区称嵊县组（浙江）佛昙群（福建），以玄武岩为主，有河湖相夹层。

### 二、六次重要的构造运动

本油气区进入大陆边缘活动带发展阶段以来构造运动频繁，最主要的有六次。

1）印支运动：发生在晚三叠世早期和晚三叠世末—侏罗纪初，造成晚三叠世安源组、乌灶组广泛超覆在下三叠统和其它不同时代地层之上；早侏罗世象山群等不整合在上三叠统和更老地层之上，这次运动的结果，结束了地台型的海相碳酸盐岩沉积，进入陆盆发育时代。

2）燕山运动Ⅰ幕：主褶皱幕发生在晚侏罗世初期，浙、闽沿海和长江下游地区晚侏罗世火山沉积杂岩系之下的区域性不整合是这一构造运动的产物。

3）燕山运动Ⅱ幕：发生在侏罗纪和白垩纪之间，相当于永康群的内陆湖相沉积和下伏地层（主要是火山岩）之间的不整合，自此以后，全区火山活动逐渐减弱。

4）燕山运动Ⅲ幕：发生在早、晚白垩世之间，使得衢江群广泛不整合在不同时代的地层之上。形成大面积红盆。

5）燕山运动Ⅳ幕：发生在晚白垩世中期和晚期之间，在江苏称仪征运动，泰州组或阜宁组第一段不整合在晚白垩世地层之上或更老地层之上。

6）吴堡和三垛运动：发生在第三纪内，吴堡运动使苏北盆地上抬、收缩，三垛运动使上第三系盐城组、嵊县组广泛不整合在老地层之上。

### 三、六个成盆期

六个地层组合被六个构造运动面所分隔，形成六个成盆期，每个成盆期由老而新，岩性由粗→细→粗，颜色由红→暗→红，岩相由山麓河流相→湖相→河流山麓相，反映了一个完

整的沉积旋回；在构造上有的由断陷→坳陷，有的由坳陷→断陷→坳陷；每一期盆地都经历了发生、发展和消亡的过程。

每个成盆期都形成了若干个大小不等的盆地，不同期形成的盆地又可继承、叠合，形成叠合盆地，由于后期构造运动比较复杂，原始盆地都遭到破坏。现将面积大于500平方公里的残留盆地列于表1-4-3。

## 四、区域构造控制盆地的发生和发展

**表1-4-3 苏浙皖闽油气区盆地数据表**

| 编号 | 盆地名称 | 面积 $(km)^2$ | 生油岩 | | 沉积岩 | | 基底 | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 时代 | 厚度(m) | 时代 | 厚度(m) | 时代 | |
| 1 | 黄口 | 3280 | E | | J—N | 3600 | | 见6.22米油侵砂岩 |
| 2 | 阜阳 | 10500 | E、$Pz_2$ | | K、E | 5000 | Pz | 工业油流井 |
| 3 | 蒿沟 | 1300 | | | J—E | 2500 | Pz | |
| 4 | 固镇 | 4380 | $K_1$ | | J—E | >2355 | AnZ | |
| 5 | 龙集 | 590 | | | K—E | >800 | | |
| 6 | 沭阳 | 1550 | | | K—N | 2000 | | |
| 7 | 苏北 | 35900 | $K_2$、E | >1000 | K—N | 10000 | Pz | 油田 |
| 8 | 合肥 | 19700 | $K_1$、E | | J—E | 8000 | AnZ | |
| 9 | 仪征 | 7040 | | | J—E | 5000 | Pz | |
| 10 | 南通 | 7200 | | | K | | Pz | 油 |
| 11 | 潜山 | 2440 | | | K—E | >3000 | Pz—T | |
| 12 | 望江 | 5710 | | | K—E | 5000 | Pz | |
| 13 | 无为 | 1320 | E | | J—E | 2500 | $Pz_2$ | |
| 14 | 南陵 | 3800 | E | >300 | K—E | >5000 | Pz | 油 |
| 15 | 句容 | 1480 | $P_2z—T_2k_1$ | | K | | $Pz_2$ | 油 |
| 16 | 常州 | 6000 | E | >500 | K—E | >5000 | Pz | 油 |
| 17 | 溧阳 | 720 | | | K | | Pz | |
| 18 | 宣广 | 4840 | | | K—E | >5000 | Pz—T | |
| 19 | 吴江 | 2800 | | | K—N | 3000 | Pz | |
| 20 | 休宁 | 640 | $J_3$ | | J—K | >5000 | AnZ、Pz | 油苗 |
| 21 | 善琏 | 600 | $J_3$ | 22 | J—$K_1$ | 1500 | $J_3Pz$ | |
| 22 | 桐乡 | 2000 | E | 84 | $K_2$—E | 4000 | $J_3Pz$ | 气 |
| 23 | 乔司 | 600 | | | $K_2$ | 1100 | $PzJ_3$ | |
| 24 | 柯桥 | 900 | | | $K_1$ | 1000 | $PzJ_3$ | |
| 25 | 长河—瑶洋 | 2000 | E $K_2$ | 76 284 | E—$K_2$ | 4000 | $J_3$ | 气 |
| 26 | 金衢 | 3400 | $K_2$ | 100 | $K_2$ | 5100 | $PzJ_3$ | 油 |
| 27 | 浦江 | 600 | $J_3$ | 245 | $J_3$—$K_2$ | 4000 | $J_3Pz$ | 油 |
| 28 | 嵊县 | 980 | $K_1$ | 54 | $K_{1-2}$ | 4000 | $J_3$ | 油 |

续表

| 编号 | 盆地名称 | 面积 $(km)^2$ | 生油岩 | | 沉积岩 | | 基底 | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 时代 | 厚度(m) | 时代 | 厚度(m) | 时代 | |
| 29 | 宁波 | 1130 | $K_2$ | 800 | $K_{1-2}$ | 5100 | $J_3$ | 油 |
| 30 | 峡口 | 1000 | $J_3$ | 100 | $J_3$、$K_1$、$K_2$ | 1440 | $J_3$ | |
| 31 | 永康 | 650 | $K_1$ | 35 | $K_{1-2}$ | 2900 | $J_3$ | 油 |
| 32 | 天台 | 500 | $K_1$ | 132 | $K_{1-2}$ | 2800 | $J_3$ | |
| 33 | 临海 | 550 | $K_1$ | 142 | $K_1$ | 3800 | $J_3$ | |
| 34 | 宁海 | 1330 | $J_3$ | | $J_3$、$K_1$ | | $J_3$ | |
| 35 | 泗溪 | 520 | $K_1$ | | $K_1$ | 2200 | $J_3$ | |
| 36 | 水头街 | 560 | $K_1$ | | $K_1$ | 2100 | $J_3$ | |
| 37 | 福鼎 | 600 | $K_1$ | 170 | $K_1$ | 2700 | $J_3$ | |
| 38 | 崇安 | 500 | $J_3$ | 29 | $J_3$、$K_1$、$K_2$ | 7010 | $J_3$ | |
| 39 | 双溪 | 700 | $J_3$ | 58 | $J_3$、$K_1$ | 4000 | $J_3$ | |
| 40 | 建瓯 | 740 | $T_3$—$J_2$ | 537 | $T_3$—$J_2$ | 3000 | AnZ | |
| 41 | 大源 | 720 | $J_1$—$J_3$ | 487 | $T_3$—$J_3$ | 2400 | Pz | |
| 42 | 尤溪 | 2240 | $J_3$ | 130 | $J_3$、$K_1$ | 5340 | $J_3$ | |
| 43 | 永泰 | 2500 | $K_1$ | 48 | K | 4510 | $J_3$ | |
| 44 | 长汀 | 710 | $T_3$—$J_2$ | 250 | $T_3$—$J_2$ | 1820 | Pz | |
| 45 | 忠洛 | 520 | $T_3$—$J_2$ | 295 | $T_3$—$J_2$ | 2360 | | |
| 46 | 樟平 | 580 | $T_3$—$J_2$ | 910 | $T_3$、$J_3$ | 5270 | $T_{1-2}$ | |
| 47 | 南靖 | 630 | $T_3$—$J_2$ | 579 | $T_3$—$J_2$ | 380 | Pz | |

本区盆地的分布（见图 1–4–3）主要受区域构造所控制，概括起来有以下特点。

1）盆地的发生和发展受西部古特提斯洋壳的俯冲和东部太平洋洋壳的形成和平移所控制。晚侏罗世以前，西部古特提斯洋壳的俯冲影响较大，本区常处在挤压环境，多北东向二次纵张形成的盆地；早白垩世以后，东部太平洋洋壳的形成和平移对本区影响较大，打破了原先以北东向为主的盆地格局，代之以其他新生的北北东向盆地构造线，穿切早期构造。

2）东部太平洋洋壳的形成和平移，形成了以郯庐断裂为代表的北北东向平移断裂系，把本区的盆地分成四个带，西带位于郯庐断裂以西，盆地走向近东西向；中带位于郯庐断裂和皖浙赣断裂之间，盆地走向为北东向，多大中型晚白垩和早第三纪盆地；东带位于皖浙赣断裂和余姚—大埔断裂之间，多中小型晚三叠—晚白垩世盆地，盆地走向多为北东、北东东向，少量呈北北东向；沿海带位于余姚—大埔断裂以东，多北北东、北东东向白垩纪盆地。

3）在刚性较大的基底构造上发展起来的盆地多断陷盆地，或断陷转坳陷盆地，规模小，岩性粗，生油条件较差；在刚性较小的基底构造上发展起来的盆地，往往经历了坳陷—断陷—坳陷的发展过程，规模较大，岩性较细。

4）北东向的区域大断层活动时间长，常控制断块体活动，由它，或由它和东西向断层联合形成的断陷，往往形成沉陷较深的盆地，在合适的气候和古地貌环境下，常有较好的生油沉积。

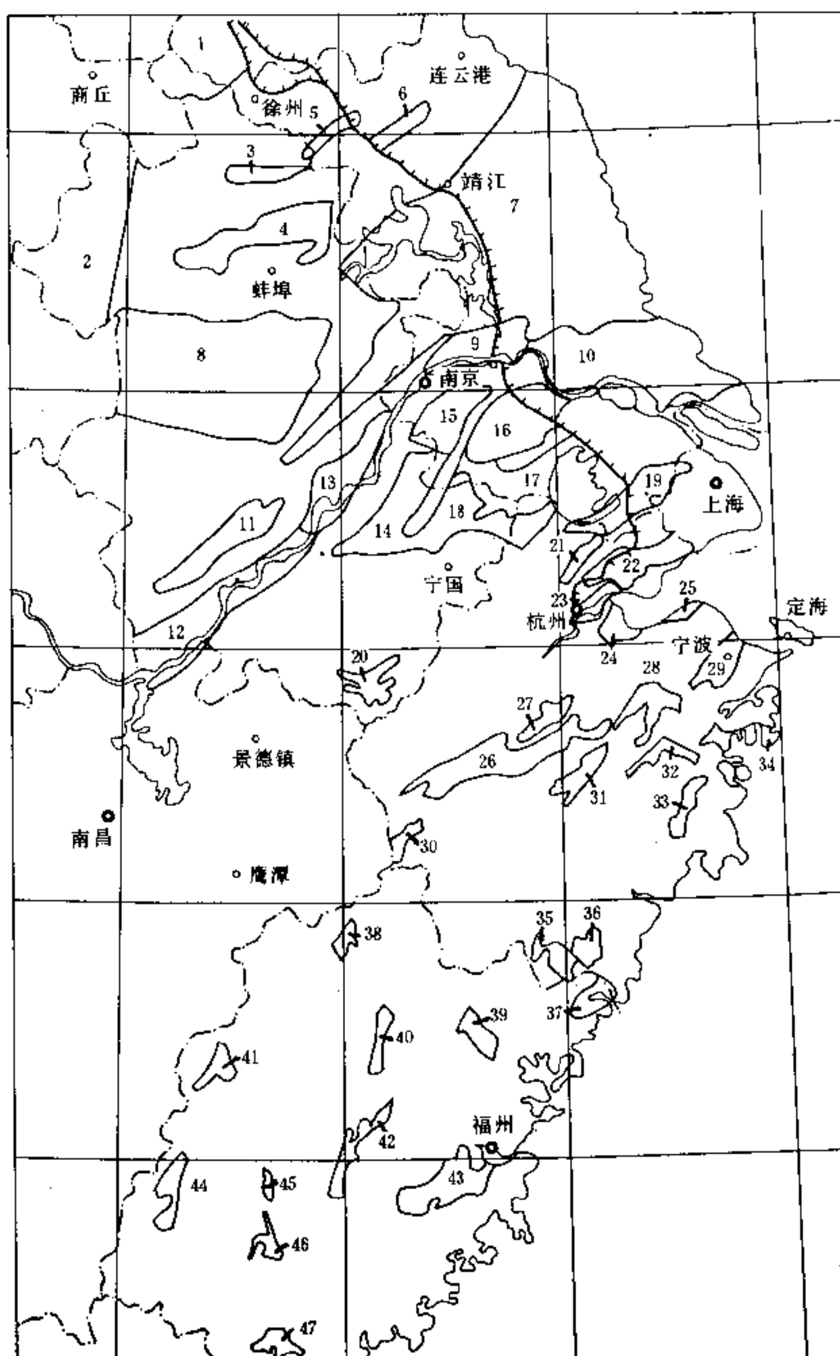



图 1-4-3　苏浙皖闽油气区盆地分布图

5）形成时间愈早的盆地保存得愈差，形成时间愈晚的盆地保存得较好，盆地遭受破坏的主要原因是多次反复的构造活动和岩浆活动。由于中生代晚期以来所形成的张性构造格局总的特点是北东向的张性断裂和北西向的张扭性断裂交织成网，往往是北东向断裂控制沉积，北西向断裂对盆地进行分割、破坏。

6）长期发育、较为稳定的叠合盆地常有较好的成油条件。

## 第六节　深部构造对浅部构造的控制

在壳幔构造发展过程中，随着地质历史的向前推移，地球表层和深层的构造格局及物质运动方式总在不断地发展演化，本区莫霍面和其他深层构造的面貌，是印支运动以来，特别是喜马拉雅运动以来滨太平洋和特提斯—喜马拉雅构造域联合作用的结果，但由于本油气区大陆壳的层—块结构十分清楚，各壳块之间的分界一般都是长期发育的大断裂带，新的断裂往往沿老的断裂构造活动，一些重要的断裂带大多是长期的多旋回活动的断裂带，这就在中新生代的构造图案上保留着一些老构造的印记，因此深部构造对浅部构造的控制作用比较明显的，具体表现在以下各方面。

*1.深部块体和主要构造单元的对照关系*

表 1-4-4 列出了一级构造单元的深部构造特征，从中可看出深、浅层构造的关系。

**表 1-4-4　苏浙皖闽油气区一级构造单元深部构造特征表**

| 地壳结构 | 磁场分区 | 重力场分区 | 构造单元 |
| --- | --- | --- | --- |
| 地壳五层结构区 | 徐淮块状正负变化磁场区 | 淮河负重力场区 | 华北准地台 |
| 地壳三层结构区 | 大别山升高磁场区 | 北淮阳宽缓正负异常带<br>大别重力负异常区 | 秦岭褶皱系 |
| 地壳五层结构区 | 苏北平缓变化磁场区<br>如皋—六安巨大正负异常带<br>芜湖—上海正负变化磁场带<br>景德镇—杭州以正为主变化磁场带 | 下扬子正重力场区<br>南昌—杭州重力升高场区 | 下扬子台坳 |
| 地壳三层结构区 | 浙东南正负剧烈变化磁场区 | 闽浙负重力场区 | 华南褶皱系 |
| 地壳五层结构区 | 温州—厦门升高异常带 | 闽浙沿海重力梯度带 | 东南沿海褶皱系 |
|  | 郯城—庐江升高异常带 | 郯城—庐江正重力异常带 | 郯庐大断层 |
|  | 桐城—金寨航磁梯度带 | 桐城—金寨重力梯度带 | 磨子潭—晓天断裂 |
|  | 肥西—韩摆渡航磁梯度带 | 肥西—韩摆渡重力梯度带 | 肥西—韩摆渡断裂 |
|  | 东阳—上饶航磁梯度带 | 东阳—上饶重力梯度带 | 绍兴—江山大断裂 |

*2.坳隆交替、互相转化的规律*

下扬子地区 HQ—13 线综合地球物理调查及其地质意义"一文指出："在地壳各层厚度图上可以看到，在上地壳中，上构造层的坳陷是在构造层的坳陷上发展起来的，这种坳陷转为隆起，隆起转为坳陷，坳隆交替互相转化的规律，是硅铝层（上地壳）层状特征的表现，是硅铝层在时间发展上的运动规律之一，这使我们有可能利用陆相中、新生界的坳陷位置、厚度来预测海相中、古生界坳隆的位置和变化。

*3.构造运动力源的多样性和复杂性*

从地震速度剖面和其他地质资料中普遍可以看到从深层到浅层，存在着多重滑移（拆离）面，深部存在三个均衡调节面，从而造成构造运动力源的多样性和复杂性，既有水平力又有垂直力，既有外部作用力，又有地球内部作用力。地球的层块结构，是地球受内力和外力长期作用、发展演化的结果。

*4.深部构造的影响*

深部构造影响壳内低速层分布、居里温度面起伏、软流圈和地表距离，从而影响地热场变化，对一个地区的油气演化和保存，远景评价有很大关系。

# 第五章　下扬子地区中、古生界油气地质●

下扬子地区包括安徽南部、江苏大部、上海全部和浙江的西北部，部分伸人江西境内，总面积192000平方公里，是我国南方三大中、古生界碳酸盐岩找油领域之一。不少国内外学者、专家都认为下扬子准地台中、古生界海相沉积的油气勘探是一个长远的战略目标，下扬子地区石油勘探的战略突破主要靠古生界。

## 第一节　油气勘探概况

本世纪30年代，浙江长兴煤山向斜四亩墩煤矿上二叠统龙潭组砂岩中流出原油，这是本区油气方面的最早记载。谢家荣、王纲道等在石油地质方面做了一些工作，揭开了本区油气地质调查的序幕。1949年建国后，地质工作获得迅速发展，通过四个阶段的工作，为油气普查和勘探打下了良好的基础（图1–5–1）。

**一、第一阶段（1956～1960年）**

本阶段基本完成了1∶20万全区重力、磁法工作，在苏北地区进行了反射地震勘探和钻探，工作量集中在苏北的重力高、镇江的丁村构造、句容的重力异常和长兴煤山向斜。通过以上工作取得四项主要地质成果：

1）初步明确了下扬子地区的大地构造性质，划分了主要构造单元。

2）证实了苏北地区震旦纪—三叠纪沉积特点与下扬子地区相似。

3）于苏北引水沟重力高发现上二叠统油砂，于丁村构造和句容重力高上见到二叠系、三叠系油气显示，煤山向斜龙潭组试出少量原油。

4）在苏南丁村构造和句容重力异常进行钻井，发现浦口组、葛村组与海相中、古生界接触的不整合面上普遍含油。

**二、第二阶段（1970～1973年）**

1969年12月，镇江东风煤矿东大巷上二叠统大隆组页岩流出原油2.6吨，引起石油地质界重视，海相中、古生界油气勘探工作再度活跃。这一阶段的主要成果有：

1）在江苏伏牛山煤矿、句容重力高和浙江的煤山向斜进行浅井试油，进一步证明了二叠系和三叠系普遍含有油气。

2）宁镇山脉苏32井钻及泥盆系五通组砂岩时发生泥浆外溢，并析出少量天然气，点燃后火焰高1米。

3）于浙江安吉康山发现规模巨大的脉状"煤"，初步化验证实不是煤而是古油藏遭到破坏而形成的沥青。

**三、第三阶段（1977～1980年）**

1977年上半年石油工业部分别在柳州和无锡召开南方和下扬子地区中、古生界碳酸盐岩找油会议，江苏地区制定了以勘探中、古生界石灰岩为主，兼探中、新生界砂岩、生物灰

●中国南方各省有关油气资源评价报告，1985，石油工业部，海洋石油总公司。

岩的勘探方针，集中钻探力量，在江都—吴堡—博镇潜山带和刘庄断裂带、泰州低凸起勘探古潜山油气藏，并进行中、古生界原生油气藏的勘探；浙江地区选定浙西淳安桐庐地区、浙北安吉长兴地区，进行地震和深井勘探。经过四年工作，全区钻遇中、古生界海相地层的深井近80口，获得以下主要成果：

1）在苏北真43井获得日产4立方米新生古储的原油，在苏南句容重力高容2井、容3井三叠系石灰岩中获得工业性油流。

2）除在泥盆系—三叠系较为广泛的发现油气显示外，还在震旦系—志留系中发现了不少碳沥青脉和泰山古油藏；经过系统综合研究，从震旦系—三叠系划分了七个生储盖组合。

3）初步明确了本地区中、古生界海相地层找油找气的主要矛盾是保存条件。

**四、第四个阶段（1982～1988年）**

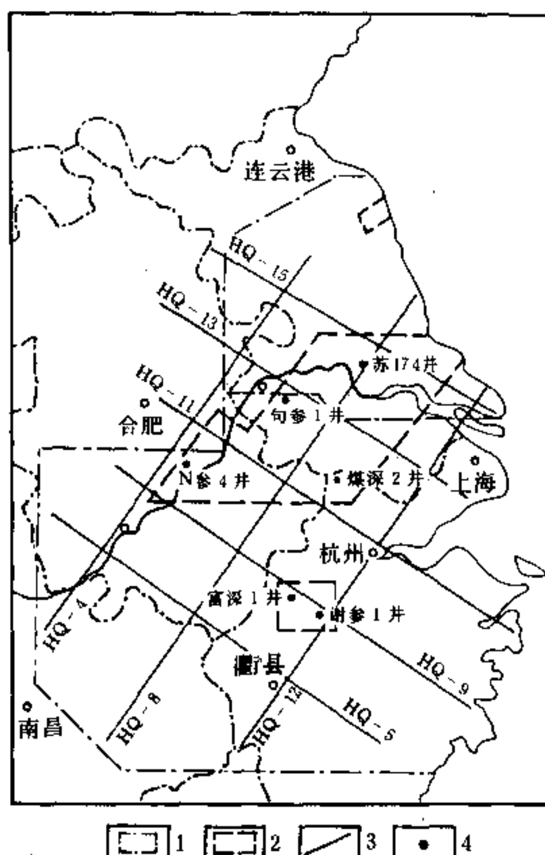



图1-5-1 下扬子地区海相中、古生界工作程度图

1—石油航磁范围；2—中、古生界重点普查勘探区；3—地质部物探地质综合大剖面；4—重点探井

1982年底，地质矿产部召开了石油地质工作会议，根据国家能源委员会的意见，把我国南方海相沉积区划为发展石油能源的长远战略勘探地区，下扬子地区中、古生界海相沉积被列为全国第二轮油气普查的重点❶，在全区布置了八条物探地质综合大剖面，运用宽线地震、大地电磁等物探、化探手段，并打了一系列深探井，对深层和浅层的油气地质条件进行了全面调查；石油工业部也组织所属队伍进行全面的综合研究，开展油气资源评价，通过两部五年的系统工作，大大加深了对这一领域石油地质条件和油气资源前景的认识，地球物理勘探技术攻关有了长足的进步，为进一步勘探创造了良好的条件。

## 第二节 地层和岩相

### 一、地层

下扬子中、古生界可分三个分区：

（1）下扬子地层分区 晚震旦世和寒武奥陶纪地层属台相碳酸盐岩沉积，化石以非球接子类三叶虫和头足类为主，笔石相不发育；上奥陶统上部，志留系下部以笔石页岩为主，志留系中上部为滨海相碎屑岩。晚古生代至中三叠世也以台相沉积为主，为海相碳酸盐岩与海陆交互相含煤沉积，上、下古生界为假整合接触。

❶孟运舒，1982，下扬子南黄海地区海相中，古生界含油远景展望。

(2) 江南地层分区　上震旦统至奥陶系以深水沉积为主，上震旦统和寒武系以碳酸盐岩为主，奥陶系中下部为笔石页岩，上奥陶统为浊流沉积，晚奥陶世晚期至志留纪，水体变浅，为滨浅海至河流相陆源碎屑岩。上古生界至中三叠统的沉积特点类似于下扬子地层分区，唯南部金华、衢县一带岩性变粗，碎屑岩增加，具边缘相沉积特点，上、下古生界为假整合至不整合接触。

(3) 沪杭地层分区　具有下扬子和江南地层分区过渡的特点，更接近于下扬子地层分区。中下奥陶统主要是碳酸盐岩，早古生代的古生物有江南、扬子混生现象。

滁河地区早古生代地层特点和沪杭地层分区类似，很可能当时水体也较深，是北淮阳和下扬子的过渡沉积，但露头区范围太小，又受后期断裂强烈破坏，故不单独划出。

下扬子地层分区和江南地层分区以江南同沉积断裂为界，由于海水进退，不同时代的相变带南北有移动，相变过渡带范围不大于10公里。沪杭地层分区是指江南大断裂以南，围绕江南地层分区分布的半环形地带，大体指杭州，嘉兴、上海、昆山等地，相变带在杭州附近很明显。不同地层分区地层的综合层序和岩性、古生物组合特点，详见表1−5−1。

**二、岩相**

加里东期下扬子区具有被动大陆的特点，以裂陷作用为主。大致自晚元古代开始，先后在滁河形成台陷和在浙、皖、赣交界地区形成了钱塘坳拉槽。坳拉槽槽盆内发育深水碳酸盐岩、笔石页岩、硅质岩、浊积岩等一系列活动型沉积；台陷内形成深水至陆棚的碳酸盐岩。在其外围是浅海台地，沉积浅水碳酸盐岩，裂陷呈北东向雁行排列，形成本区坳、隆相间的构造格局。各时代岩相变化（如图1−5−2、图1−5−3、图1−5−4）简述如下。

*1.震旦纪*

经过晋宁运动之后较长时期的剥蚀充填，本区逐步准平原化，早震旦世形成广阔的滨浅海环境。沉积物以陆源碎屑物为主，含大量火山碎屑，其晚期有冰川沉积，沉积厚度可达数千米。主要有两个沉降区，沉积和沉降中心位于滁河台陷和钱塘拗拉槽中部，这里海水相对较深，沉积物粒度较细，属盆地沉积区。

晚震旦世，钱塘拗拉槽及滁河台陷不断坳陷，沉积中心仍位于浙、皖、赣边境及洪泽湖北东，以泥岩、白云岩沉积为主，其外缘是一广阔的浅海碳酸盐岩台地，在台地上，巢县、岑山、泰州、海安、余杭、绍兴、江山等地有零星藻礁发育，一般都是泻湖或台地上的点礁，绍兴、江山等地可能属于靠近古陆的堤礁。台地边缘，在高邮—巢县及嘉兴—开化一带有浅滩发育，以颗粒滩为主，其中常夹石英砂岩。地形坡度一般较平缓，斜坡沉积物不发育，仅于余杭泰山一带见有少量重力流砾屑灰岩，碳酸盐岩滑塌堆积。

*2.寒武纪*

晚震旦世末的桐湾运动，使海水向西南方向退出，仅钱塘拗拉槽和滁河台陷的深坳部位及其西部残留海水，形成了本区寒武系与震旦系之间普遍存在的假整合接触关系。

早寒武世海水复从西南方向侵入，并从滁河和钱塘两个坳陷中心向外逐渐扩大，因而早寒武世初期的沉积物——纹层状硅质岩仅分布在上述地区。其上之黑色页岩、石煤或白云岩随着海侵的扩大超覆在上震旦统不同层位之上，前者为滞流盆地沉积主要分布在坳陷中，后者（白云岩）分布在沿江碳酸盐台地上，代表咸化环境的产物，沪杭地区为两者之间的过渡类型沉积。

寒武纪发生大规模裂陷，海水深度普遍加大，海侵一直持续到中寒武世。早、中寒武世在两个坳陷中沉积深水碳酸盐岩、黑色页岩，古生物以海绵和球接子类三叶虫为主，是良好

**表 1－5－1　下扬子地区中古生界地层表**

| 界 | 系 | 统 | 地层名称 | | 厚度(m) | | 岩性描述 | | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 中生界 | 三叠系 | 上统 | 范家塘组 | 乌灶组 | >230 | 400 | 上部:主要为深灰、灰黑色砂岩,局部夹煤；下部:深灰－灰黑色砂岩夹粘土岩,局部夹煤。乌灶组为石英砂砾岩夹页岩、煤 | | |
| | | 中统 | 黄马青组 | | 1047 | | 上部:灰紫、紫红色粉砂质泥岩、粉砂岩夹含铜砂岩；<br>下部:上为紫红色钙质粉砂岩、粉砂质泥岩夹灰、灰白色细砂岩、底为深灰色长石石英砂岩 | | |
| | | | 周冲村组 | | 100～586 | | 灰、灰黄色、深灰色薄一厚层状泥质灰岩、白云质灰岩夹角砾状灰岩(地下变为石膏、白云岩 | | |
| | | 下统 | 上青龙组 | 殷紫组 | 166～530 | 474—764 | 上部:灰、紫红色薄—厚层状灰岩夹泥岩、白云质灰岩、泥灰岩等；<br>中部:灰黄、灰色中薄层状灰岩夹蠕虫状灰岩；<br>下部:灰紫、灰黄色薄层状瘤状泥质灰岩与灰色石灰岩互层 | 青灰色薄至中层泥岩夹砂岩、灰岩 | ☆ |
| | | | 下青龙组 | | 84～591 | | 上部:灰、深灰色薄至中层状石灰岩夹钙质泥岩；<br>下部:灰、深灰绿色泥岩、泥质灰岩互层 | | ☆ |
| 古生界 | 二叠系 | 上统 | 大隆组 / 长兴组 | 大隆组 | 9～37 / 12～132 | 20 | 灰黑色石灰岩、硅质泥页岩夹硅质灰岩透镜体 | | ☆ |
| | | | 龙潭组 | 礼贤组 | 34～270 | 270 | 上部:灰、深灰色砂质页岩夹石灰岩、砂岩,局部夹煤层；<br>中部:深灰色页岩、砂质页岩夹砂质灰岩；<br>下部:灰、深灰色砂岩、砂质页岩、煤层及生物灰岩等 | | ☆ |
| | | 下统 | 堰桥组 / 孤峰组 | 丁家山组 | 56～300 / 185～426 | 247～559 | 深灰、灰黄色泥岩、粉砂岩夹钙质粉砂岩,上部夹灰岩透镜体 | | ☆ |
| | | | 孤峰组 / 孤峰组 | | 10～54 | | 灰色泥质硅质岩、硅质页岩、粉砂质页岩夹泥岩,含磷结核及锰土 | | ☆ |
| | | | 栖霞组 | | 9～219 | 600 | 顶部:灰、灰黑色硅质页岩、燧石层夹石灰岩；<br>上部:灰、深灰色含燧石结核；<br>中部:灰黑色薄层硅质岩；<br>下部:灰黑色沥青质含燧石结核灰岩；<br>底部:灰黑色页岩,局部夹薄煤 | | ☆ |

续表

| 界 | 系 | 统 | 地层名称 | | | 厚度(m) | | | 岩性描述 | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 古生界 | 石炭系 | 上统 | 船山组 | | | 35～>65 | 186 | | 灰、深灰、灰褐色厚－块状结晶灰岩，富含球状构造 | ☆ |
| | | | 黄龙组 | | | 50～110 | 160 | | 灰、灰白、肉红色生物碎屑灰岩、纯石灰岩、粗粒结晶灰岩 | |
| | | | 老虎洞组 | | | 7～22 | | | 灰、肉红色厚层白云岩，含燧石条带 | |
| | | 下统 | 和州组 | 叶家塘组 | | 2～15 | 48～136 | | 灰色石灰岩、泥灰岩夹白云岩，叶家塘组为杂色砂泥岩夹石灰岩透镜体、煤 | |
| | | | 高骊山组 | | | 7～97 | | | 灰、灰黄色砂岩、页岩夹泥岩，局部夹煤层 | |
| | | | 金陵组 | | | 2～15 | | | 灰黑色厚层石灰岩、夹粉砂岩、泥岩，底为含铁细砂岩 | |
| | 泥盆系 | 上统 | 五通组 | 珠藏坞组 | | 51～200 | 75 | | 上部：黑色泥岩夹灰色石英砂岩； | ☆ |
| | | | | 西湖组 | | | 479 | | 下部：灰白色石英砂岩 | |
| | 志留系 | 上统 | 茅山组 | 唐家坞组 | | 27～2000 | 890 | | 灰白、灰紫色中厚层砂岩夹粉砂质泥岩 | |
| | | 中统 | 坟头组 | 康山组 | | 307～1000 | 2073 | | 灰、灰绿、土黄色长石石英细砂岩、粉砂质泥岩 | ☆ △ ʮ |
| | | 下统 | 高家边组 | 大白地组 | | 1000～1500 | 1420 | | 灰绿、黄绿色页岩、砂质页岩、粉砂质泥岩夹细砂岩 | △ |
| | | | | 安吉组 | | | 1742 | | 大白地组以砂岩为主，安吉组以泥质粉砂岩为主 | △ |
| | 奥陶系 | 上统 | 五峰组 | 文昌组 | 张村坞组 | >4 | 420 | 477 | 灰、灰黑色硅质页岩、泥岩；张村坞组、于潜组为砂、泥质浊积岩，长坞组为陆棚浊积岩、泥岩，文昌组为滨海砂岩 | |
| | | | | 长坞组 | 于潜组 | | 1600 | 1221 | | △ |
| | | | 汤头组 | 黄泥岗组 | | 15～22 | 14-80 | 136 | 灰绿色瘤状泥质灰岩与页岩互层，黄泥岗组局部紫红色 | |
| | | 中统 | | 砚瓦山组 | | | 50 | | | |
| | | | 宝塔组 | 闲林组 | 胡乐组 | 10～30 | 5 | 165 | 肉红、灰色厚层生物碎屑灰岩，胡乐组为硅质页岩、笔石页岩 | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 寒武系 | 下统 | 牯牛潭组 | 荆山组 | 宁国组 | >24 | 11～18 | 397～13 | 灰黄色薄—中厚层石灰岩、中厚层硅质灰岩及页岩，宁国组为笔石页岩 | | △ |
| | | | 大湾组 | | | >20 | | | | | |
| | | | 红花园组 | 留下组 | 印渚埠组 | 50～206 | 51～278 | 717～139 | 灰、深灰色中层状石灰岩 | 印渚埠组为黄绿色页岩 | ^ |
| | | | 仑山组 | | | 80～300 | | | 深灰色厚层状灰质白云岩，含燧石条带 | | |
| | | 上统 | 观音台组 | 超峰组 | 西阳山组 | 205～600 | >344 | 775～60 | 灰、深灰色厚层白云岩，含燧石结核；西阳山组、华严寺组为深水灰岩 | | △ |
| | | | | | 华严寺组 | | | 283～80 | | | △ |
| | | 中统 | 炮台山组 | 杨柳岗组 | | 87～250 | 116～500 | 699 | 薄层白云质灰岩，白云岩夹泥灰岩；杨柳岗组为深水灰岩 | | △ |
| | | 下统 | 幕府山组 | 大陈岭组 | | 50～250 | >51 | 260～18 | 上部：灰黑色白云质灰岩；<br>中部：灰白色中薄层石灰岩； | | △ |
| | | | | 荷塘组 | | | >183 | 781～5 | 下部：碳质页岩，硅质页岩夹石煤层 | | △ |
| 上元古界 | 震旦系 | 上统 | 灯影组 | 西峰寺组 | | 144～850 | | 600～100 | 上部：灰色中厚块状白云岩、硅质灰岩，顶部夹硅质层<br>下部：灰色白云岩、泥质灰岩，夹少量灰色硅质团块 | | ^ |
| | | | 陡山沱组 | | | >564 | | 150～60 | 上部：青灰色石灰岩、泥质灰岩，夹白云质灰岩、钙质页岩，其底微含磷<br>下部：黄绿色千枚岩、局部夹砂岩，其顶夹泥灰岩透镜体 | | |
| | | 下统 | 南沱组 | 雷公坞组 | | 257～760 | | 4～400 | 黄绿色冰碛砾岩，粉砂质千枚岩 | | |
| | | | 莲沱组 | 志棠组 | | 1256 | | 527～2132 | 灰白、黄绿色砂质千枚岩与粉砂质千枚岩互层，夹黄绿色灰白色细粒长石石英砂岩，底部为含砾砂岩 | | |

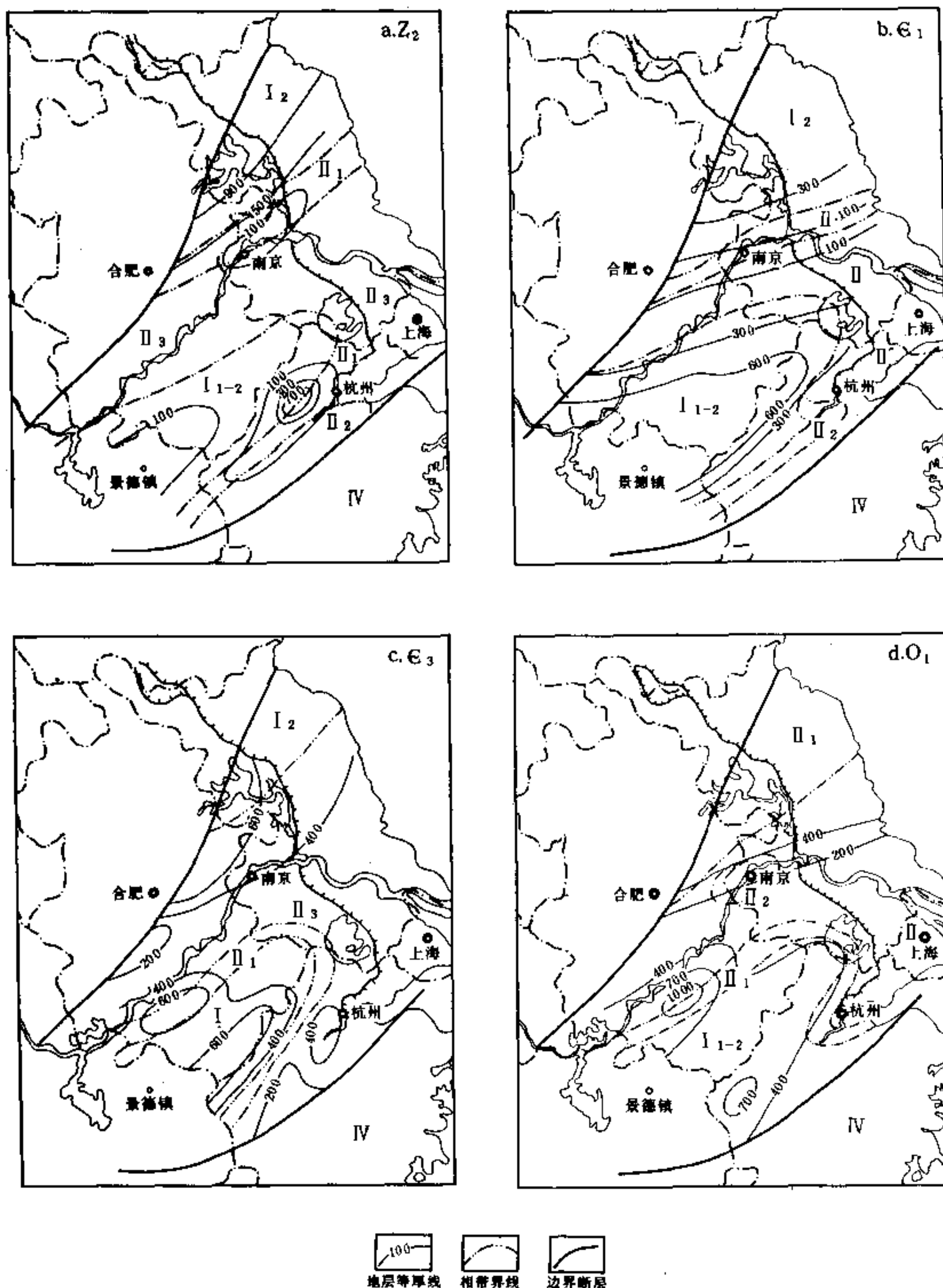



图 1-5-2 下扬子地区震旦系、寒武系、下奥陶统岩相及地层等厚图

Ⅰ—盆地相区；$Ⅰ_0$—浊流相区；$Ⅰ_1$—盆地；$Ⅰ_2$—盆地边缘；Ⅱ—台地相区；$Ⅱ_1$—台地边缘斜坡；$Ⅱ_2$—台地边缘浅滩礁；$Ⅱ_3$—台坪、局限开阔海台地；$Ⅱ_4$—台洼；$Ⅱ_5$—台滩；$Ⅱ_6$—潮滩；Ⅲ—滨岸及三角洲相区；$Ⅲ_1$—滨岸；$Ⅲ_2$—三角洲；Ⅳ—陆相区；Ⅴ—古陆区

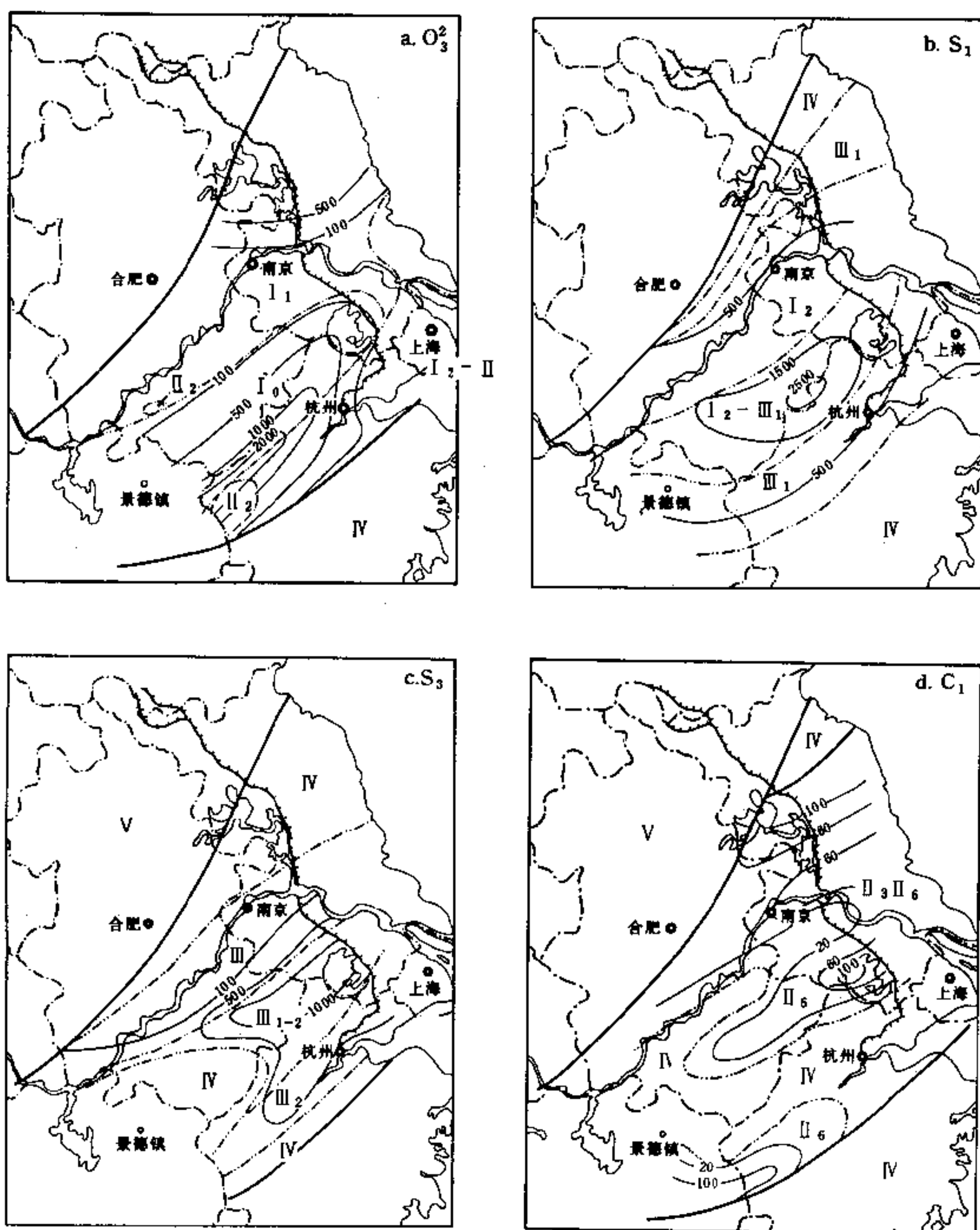


图 1-5-3　下扬子地区上奥陶统、志留系、下石炭统岩相及地层等厚图

图例、相区代号同图 1-5-2

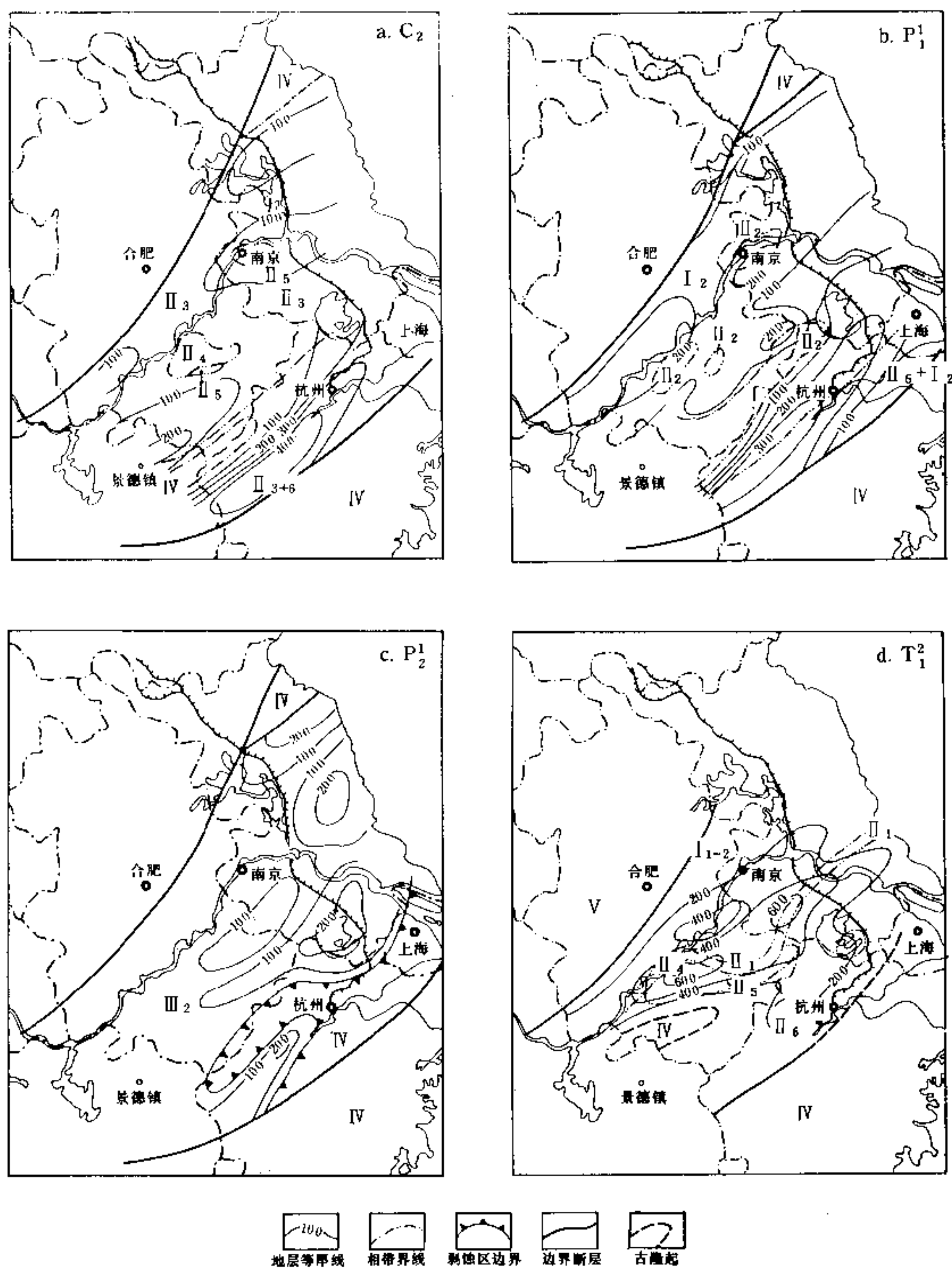



图 1-5-4　下扬子地区石炭二叠系、下三叠统岩相及地层等厚图

的生油岩系。坳拉槽外围是碳酸盐台地，沉积物以白云岩为主，藻和底栖三叶虫发育。

晚寒武世海水开始向西南方向退缩，盆地缩小，台地扩大，台地中心形成咸化环境，沉

积物以白云岩为主，生物稀少。台地边缘位于石台—泾县、分水—富阳一线。

3.奥陶纪

早中奥陶世的沉积和沉降中心仍位于钱塘拗拉槽中部，这里沉积笔石页岩、泥岩和硅质岩。其北（江南断裂西北）是个浅海碳酸盐台地，沉积物为泥晶灰岩、颗粒灰岩、藻灰岩和白云岩，含棘皮、腕足、头足、三叶虫等丰富的广海生物化石。台地内，在巢县、江浦、六合、泰州等地有浅滩发育。台地边缘位于石台—泾县—宜兴芳桥—临安板桥—肖山小石盖一带，斜坡相带广泛发育，普遍有滑坡碳酸盐岩、重力流碎屑灰岩发育和碳酸岩浊流沉积。

滁河台陷自早奥陶世开始萎缩，至晚奥陶世封闭。

晚奥陶世盆地外围隆起扩大，陆源物质供应充分，在钱塘拗拉槽中部裂陷深盆地形成砂质—粉砂质浊流沉积；西北侧是饥饿性盆地，沉积厚度较小；东南侧是陆棚，物源供应充分，沉积厚度巨大，并有风暴沉积发育。常山—玉山一带以及在苏北等地有碳酸盐台地和生物礁、生物丘发育。随着大量陆源碎屑的充填沉积，拗拉槽迅速变浅、缩小，至晚奥陶世后期盆地沉积区仅局限于江南断裂与乌镇—马金断裂之间。其它地区为滨浅海环境，沉积、沉降中心位于浙、皖、赣交界一带，北东高，南西低。

4.志留纪

总体上是一个海水动荡，逐渐退却的过程。早志留世的海侵自钱塘拗拉槽中部向西北逐渐扩大，沉积中心位于滁河断裂与乌镇—马金断裂之间，主要是陆棚环境，沉积笔石页岩和砂岩，其余为滨浅海环境，沉积介壳相砂、页岩；早志留世晚期，海水开始退却，广泛发育潮坪环境。中志留世，沉积中心向北西迁移到宿松—铜陵一带。晚志留世，江南隆起形成并扩大，贵池—宣城西北也相继隆起成陆，盆地变浅并退缩到宁国、广德、太平、无锡一带，基本上为滨浅海相和三角洲相陆缘碎屑沉积，其它地方为陆相—滨浅海相杂色砂岩沉积。

5.泥盆纪

早、中泥盆世本区处于隆起状态，基本未接受沉积。至晚泥盆世，在江南隆起两侧开始下陷，形成两个近海盆地，接受以石英砂岩、砂砾岩为主的沉积，含植物和海相双壳类化石，岩石成熟度高，沉积分异不明显，沉积厚度以隆起边缘为最大。晚期，南部形成陆相杂色砂砾岩沉积，北部为滨岸沼泽相黑色泥岩沉积。

6.石炭纪

早石炭世基本继承晚泥盆世的古地理格局，江南隆起以北，大致以北东向的铜陵古岛为界，分成两个部分，西北面为开阔台地，沉积物以浅海碳酸盐岩为主；东南面陆源物质供应较充分，沉积物为潮坪相—海陆交互相的碎屑岩夹碳酸盐岩。江南隆起东南，是个以陆相为主的近海盆地，沉积物以杂色砂砾岩和滨岸沼泽相煤系地层为主。杭州—建德一线有一隆起带，这里缺失早石炭世沉积。

晚石炭世发生大海侵，海水来自西南和东北两个方向，上石炭统广泛超覆，除张八岭隆起外，其余地区均为海水淹没，隆起边缘如湖州、金华、兰溪、衢县一带常有海侵初期的滞留沉积发育。江南隆起以北为广阔的浅海碳酸盐台地。铜陵—芜湖一带有生物滩。石炭纪末大部分地区地壳上升，海水短暂退去。

7.二叠纪

早二叠世为本区晚古生代最大的海侵期，普遍发育了以浅海相碳酸盐岩为主的沉积。在隆起及其边缘，如江山、临安马啃等地形成生物碎屑滩，沉积亮（粉）晶生物碎屑灰岩，砂砾屑灰岩。在江南隆起两侧之坳陷内如无为、泾县、长兴、杭州以及建德、桐庐等地形成台

内盆地，沉积物以含硅质结核灰岩为主，富含有机质和䗴类、棘皮类、有孔虫及腕足、双壳类等多种生物化石。早二叠世晚期台盆内海水进一步加深，不利于碳酸盐的沉淀，沉积物以硅泥质岩为主，沉积缓慢，常含磷结核，生物以浮游的菊石为主，而在华夏古陆边缘为陆相碎屑岩沉积。

晚二叠世东吴运动使本区海水部分退出，晚二叠世初期的海侵范围只到苏州—湖州一线以北（即江南隆起以北），当时的地势是东高西低，南高北低，沉积物以滨岸沼泽相煤系为主，长兴等地有三角洲发育。江南隆起以南与华夏古陆之间以山间坳陷陆相含煤碎屑岩沉积为主。晚期海侵迅速扩大，除少数隆起上为碳酸盐岩沉积（长兴组）外，一般水体较深，水流不畅通，为硅泥质沉积（大隆组）。

*8.*三叠纪

早三叠世继承了晚二叠世后期的海侵，因而很多地方三叠纪与二叠纪地层是连续沉积，生物上有一过渡带。早三叠世地势北高南低，海水从南面进入本区，大致以怀宁—石台—贵池—泾县—宁国—长兴一线为界，东南部沉积泥质、粉砂质为主的细碎屑岩，生物以丰富的菊石和双壳类为主，其中有相对坳陷的台盆发育（如巢县马家山），台地边缘，斜坡相带广泛发育，沉积物以薄层泥晶灰岩夹重力流砾屑灰岩为特征。早三叠世晚期，海水向南北两个方向退却。中三叠世海水更浅，海相沉积范围缩小到长兴—宁国—石台一线以北，主要分布在沿江地区，沉积蒸发岩台地—泻湖相白云岩和膏盐地层。晚三叠世受世界性的大海退影响，海水全面退出本区，结束了本区漫长的海侵历史。

## 第三节　构　　造

### 一、大地构造背景

下扬子地区属扬子准地台的东部，北以连云港—泗阳断裂为界，与华北准地台相邻；西北以郯城—庐江断裂为界，与华北准地台、秦岭褶皱系毗连；南界绍兴—江山断裂与华南褶皱系相接，西部经江西九江，连入中扬子地区；东部为南黄海、东海海水所复。

下扬子准地台是于晚元古代晋宁运动之后形成的，莫霍面等深图表明其位于中国东部北北东向地壳厚度平缓变化带上，地壳厚度变化在35～40.5公里范围内，和大陆地壳的平均厚度相似；地壳具有明显的层圈结构。

综合元古代以来的地层沉积类型、岩浆活动和构造运动特点，可将地质历史发展划分为前震旦纪地槽发展阶段，震旦纪—志留纪准地台发展阶段、泥盆纪—中三叠世地台发展阶段，晚三叠世—现代大陆边缘活动阶段，本篇重点叙述震旦纪—中三叠世准地台和地台发展阶段。

准地台发展阶段的基本特点，是以钱塘拗拉槽、滁河台陷的发生、发展和消亡做为标志，坳陷地区平均沉降速率每百万年可达40米，台地地区为15米；地台发展阶段以拗拉槽上隆，海陆间互，海水进退频繁，假整合多为标志，台陷沉积地区平均沉降速率每百万年为16.15米，隆起地区有时为海水淹没，有时缺失沉积。

大陆边缘活动带发展阶段，本区原有的构造发生强烈的改造，推覆构造十分发育，既有推覆，又有滑覆，火山活动活跃，侵入活动多见于江南隆起及其北缘，火山活动多见于江南隆起南缘，并有向江南隆起倾没端加强的趋势；断裂活动强烈、多期，按其延伸方向可分为五组，把本区切割成为不同级次、大小不等的菱形断块体，有的下陷成盆，堆积了巨厚的中

新生代沉积；有的上隆成岭，把一个统一的构造带进一步改造成中新生代盆地，震旦—三叠系海相地层交叉分布的复杂图景。

## 二、主要断裂

本区断裂按其延伸方向可分北北东、北东、北东东、东西、北西向五组（见图1-4-2，表1-4-2），但航磁所能辨认的基底断裂仅为北东、东西向两组，控制震旦系—三叠系海相地层沉积的主要也是北东向断裂。总的看来，北东向断裂形成早、切割深、延伸远，构成了本区的主要断裂系；北西和东西向断裂形成晚，切割浅，以张性及扭性断裂为主，往往切割北东向断裂。

*1.淮阴—响水口断裂*

西起皖北紫阳，向东经淮阴至响水，呈北东35°～45°方向延伸，西被郯城—庐江断裂截切，向东伸入黄海，长度超过240公里，断面东南倾，倾角20°～65°，布伽重力为一梯度带；断裂北西侧广泛发育张八岭群及零星震旦系；断裂东南侧发育中、新生界及古生界。断裂何时开始活动因目前缺少资料未能确定，中、新生代有活动，对定远坳陷和苏北盆地的沉积有控制作用。

*2.滁河断裂*

西起自庐江县冶父山南麓，经巢湖、滁县至江苏滨海，北东向延伸达400公里；重力异常反映为正、负异常交变带，磁场为北东向正异常梯级变化带；岩相资料证实：早寒武世早中期断裂北西侧为盆地相沉积，东南侧为台地相沉积；早寒武世晚期至晚寒武世早期北西侧转为陆棚相沉积，南东侧仍为台地相沉积，早奥陶世沉积时两侧岩相差异已不大，说明断裂起始于早寒武世，早奥陶世已趋消亡；燕山期及喜山期断裂再次活动，控制中、新生代盆地沉积。

*3.长江大断裂*

西起安庆南，北东向延伸至南京东，延伸长度400余公里，为一条控制侏罗、白垩纪火山岩分布的隐伏断裂，航磁上表现为一条复杂的磁异常带，磁场上延10、20、30公里时仍然十分清楚，上延至40公里时已变得模糊不清；重力上表现为一条梯度带；HQ—13线测得其北侧沉积盖层厚度大，达16500米，南部中、古生界埋藏浅，是两大块体的分界断裂。但有的地质工作者认为莫霍面和地表构造没有明显的大断裂，因而否定其存在。

*4.江南大断裂*

北东向斜贯于皖南山区，北延至江苏溧阳附近，航磁异常有递变带，递变带北西侧为近北东向低缓次级叠加正异常，南东侧为近南北向及近东西向高背景次级叠加异常带。地表断裂明显，断裂面在南北两段向南东倾斜，中段倾向北西，倾角60°～70°；断裂对早古生代地层的厚度、岩相、生物群有明显的控制作用：断裂以北，寒武、奥陶系为台地相沉积，以南为深水沉积；断裂北侧，褶皱轴向以北东向为主，为线状褶皱；南侧褶皱轴向以北北东向为主，多为短轴褶皱。

*5.苏州—湖州断裂和上海—马金断裂*

这两条断裂很可能是一个断裂带，向西可延至浙皖赣断裂。航磁图上表现为一条升高的磁异常剧变带，上延20公里异常图上显得特别清楚。同方向次级断裂发育，常密集成带分布，断裂走向40°～60°，断层面倾向、倾角多变。沿断裂带不同时代的岩浆活动强烈，并多超基性岩体。断裂带控制晚元古代火山岩活动和沉积；青白口系及前震旦纪岩体内有强烈的片理化带，据其推测断层形成于前震旦纪。断裂带内广泛分布燕山期岩体和中生代盆

地，因此断裂带的活动可延续至中生代。

*6.奉贤—球川断裂*

呈北东向斜贯于浙西山区，向东延至上海奉贤，向西伸入江西境内。航磁和地表断裂明显，断裂以北为古生界分布区，以南为中生代火山盆地；断层面倾向、倾角多变，肖山临浦南，见古生界推覆在白垩系上，对古生代沉积有控制作用，北侧是一个相对坳陷区，南侧是一个相对隆起区，隆起上多中生代火山岩覆盖，火山岩厚度较薄处常剥露出前震旦纪地层。

此外，还分布有东西向和北西向断裂。主要的东西向断裂有湖州—贵池断裂和临安—休宁断裂，在重、磁上都有显示，对早古生代沉积局部有控制作用。主要的北西向断裂有孝丰—三门断裂，地表断裂清楚，控制着中新生代盆地的发育，断裂以东多大型盆地，以西为山间小型断陷盆地。

**三、推覆构造❶**

近年来，由于岩石圈内部拆离滑脱现象的发现，使构造研究观发生了一个突破，它为寻找能源与其它矿产资源开辟了一个新的领域，在下扬子地区表现得比较突出，也取得一些重要成果。

*1.沉积盖层的多层结构*

在区域构造一章中已指出，下扬子地区的地壳有明显的多层结构，并把沉积盖层分为海相中、古生界和陆相中、新生界两层。实际上沉积盖层并不只是简单的两层，根据地层的力学性质和物理学性质测试结果，从震旦系至中三叠统，大体可进一步分为六层，界线在：

1）震旦系下统和前震旦系浅变质岩之间；

2）寒武系下统荷塘组、幕府山组和震旦系上统灯影组之间；

3）上志留统茅山组、唐家坞组和中下志留统坟头组—高家边组、康山群之间；或下奥陶统印渚埠组与寒武系西阳山组之间；

4）下石炭统和州组、高骊山组、金陵组和上泥盆统五通组之间，或下石炭统叶家塘组、上泥盆统珠藏坞组和上泥盆统西湖组之间；

5）下二叠统孤峰组（丁家山组）、上二叠统龙潭组和下二叠统栖霞组之间；

6）中三叠统黄马青组、上三叠统范家塘组、中下侏罗统象山群和下三叠统青龙群之间。

六个滑动界面的上部都是柔性地层，下部都是刚性地层，每一个层位的单轴抗压强度、电阻率、界面速度和岩石密度等都与邻层有着不同程度的差别（表 1−5−2）。

*2.几组主要推覆构造*

近年来由于对层块构造研究的深入，在下扬子地区发现了很多推覆体，现择其有代表性的按不同地区简单介绍如下：

（1）双沟推覆构造　连云港—泗阳断裂是其前缘，详细情况见图 1−5−5。

（2）河西山推覆构造　位于安徽省宿松一带，呈一向南凸出的弧形，围绕大别山东南麓展布，由一系列向南凸出的弧形逆掩断层构成，逆掩岩片重重叠叠，有的形成飞来峰，有的形成构造窗，外来体系由上震旦统灯影组组成，原地系统为志留系，自西向东推覆。

（3）银屏山推覆构造　位于全椒、巢湖至枞阳一线，走向为北北东向，西倾，西部常见震旦系灯影组及中下寒武统逆掩于上古生界及下三叠统之上，上盘岩石破碎强烈，下部常构

❶江苏油田，1987，下扬子区中、古生界构造特征及含油评价。

表 1-5-2 下扬子地区地层岩石物性表

| 系 | 统 | 地层名称：沿江台坪 | 沪杭过渡带 | 钱塘拗拉槽 | 试样岩性 | 单轴抗压强度 (kg/cm²) | 密度 (g/cm³) | 磁化率 (K×10⁻⁶CGSM) | 电阻率 (Ω·m) | 层速度 (km/s) | 物性层主要特征 | 滑移拆离面 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 白垩系 | 上统 | 赤山组 |  |  | 砂砾岩 | 314.71 | 2.65 | 46.0 | 15 ~ 20 | 3800 |  |  |
|  |  | 浦口组 |  |  | 钙质角砾岩 | 251.85 | 2.64 |  |  |  |  |  |
|  | 下统 | 葛村组 |  |  |  |  | 2.50 |  |  | 3800 ~ 4000 |  |  |
| 侏罗系 | 上统 | 大王山组 | 磨石山群 | 寿昌组 | 流纹质粗面岩 | 925.45 | 2.49 ~ 2.65 | 17 ~ 40 | 5.5 ~ 4000 |  | 中速 中密度 低磁 低阻 火山岩高磁高阻 | 6 |
|  |  |  |  | 黄尖组 | 凝灰质粗面岩 | 119.26 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 劳村组 | 粗面质凝灰岩 | 364.64 |  | 1300-5700 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | 熔结凝灰岩 |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 中下统 | 象山群 | 渔山尖组 | 渔山尖组 | 含砾石英砂岩 | 1098.01 | 2.60 | 8.9 |  | 4000 ~ 4250 |  |  |
|  |  |  | 马涧组 | 马涧组 | 长石石英砂岩 | 311.11 | 2.50 | 14.7 |  |  |  |  |
| 三叠系 | 上统 | 范家塘组 | 缺失 | 乌灶组 |  |  |  |  | 200 ~ 900 | 3200 ~ 5000 |  |  |
|  | 中统 | 黄马青群 |  | 缺失 | 细砂岩 |  | 2.25 | 20.9 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | 粉砂岩 | 385.26 | 2.58 | 20.9 |  |  |  |  |
|  |  | 周冲村组 |  |  |  |  |  |  |  | 5000 |  | 5 |
|  | 下统 | 上青龙组 | 青龙群 |  | 微晶灰岩 | 904.00 | 2.64 | 17.9 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | 微晶灰岩 | 1016.40 | 2.61 | 19.0 |  |  |  |  |
|  |  | 下青龙组 |  | 政棠组 | 钙质页岩 |  | 2.16 | 14.2 |  |  |  |  |
| 二叠系 | 上统 | 大隆组 | 大隆组 / 长兴组 | 大隆组 | 硅质页岩 |  |  | 12.0 |  | 2500 ~ 4100 |  |  |
|  |  | 龙潭组 | 龙潭组 | 礼贤组 | 碳质粉砂岩 |  | 2.60 |  | 60 ~ 90 |  |  |  |
|  |  |  |  |  | 长石石英砂岩 | 265.4 | 2.42 | 19.9 |  |  |  |  |
|  | 下统 | 孤峰组 | 孤峰组 | 丁家山组 | 硅质岩 | 919.42 | 2.39 | 16.8 | 100 ~ 200 |  |  |  |
|  |  | 栖霞组 | 栖霞组 | 栖霞组 | 微晶灰岩 | 1165.45 | 2.70 | 15.2 | 250 ~ 1000 | 6200 |  | 4 |
|  |  |  |  |  | 亮晶灰岩 | 475.63 | 2.70 | 15.2 |  |  |  |  |

续表

| 系 | 统 | 地层名称 沿江台坪 | 沪杭过渡带 | 钱塘拗拉槽 | 试样岩性 | 单轴抗压强度 (kg/cm²) | 密度 (g/cm³) | 磁化率 ($K\times10^{-6}$CGSM) | 电阻率 (Ω·m) | 层速度 (km/s) | 物性层主要特征 | 滑移拆离面 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 石炭系 | 上统 | 船山组 | 船山组 | 船山组 | 微晶灰岩 | 1212.96 | 2.69 | | 250～1000 | | 中高速互层，中高密度互层，中高阻互层，低磁 | 4 |
| | | 黄龙组 | 黄龙组 | 黄龙组 | 微晶灰岩<br>亮晶灰岩<br>粗面灰岩 | 1191.83<br>516.4<br>277.78 | 2.70<br>2.83 | 32.0 | 250～1000 | | | |
| | 下统 | 和州组<br>高骊山组 | 高骊山组 | 叶家塘组 | 细砂岩 | 102.22 | 2.54 | 12.7 | | | | |
| | | 金陵组 | 金陵组 | | | | | | | | | |
| 泥盆系 | 上统 | 五通组 | 五通组 | 珠藏坞组<br>西湖组 | 粉砂岩<br>含砾石英砂岩<br>石英砂岩 | 382.23<br>2460.0<br>1062.05 | 2.60<br>2.59 | 12.7<br>12.1 | | 3700～5000 | | ④ |
| | 中下统 | | 缺失 | | | | | | | | | |
| 志留系 | 上统 | 茅山组 | 茅山组 | 唐家坞组 | 砂岩<br>细砂岩 | 1736.00<br>787.72 | 2.57<br>2.66 | 22.9<br>19.2 | | | | |
| | 中统 | 坟头组 | 康山群 | 康山群 | 泥质粉砂岩<br>粉砂质泥岩<br>泥岩 | 344.00 | 2.54<br>2.59<br>2.62 | 15.0 | | 4000～4200 | | |
| | 下统 | 高家边组 | 大白地组 | 大白地组 | | | | | | | | |
| | | | 安吉组 | 安吉组 | 泥质粉砂岩<br>粉砂质泥岩 | 113.59 | 2.46<br>2.41 | 12.7<br>13.7 | | | | 3 |
| 奥 | 上统 | 五峰组 | 文昌组 | 文昌组<br>堰口组 | 粉砂岩、泥岩 | | 2.49～2.73 | 64.9～290.0 | 505～1707 | 5400～6200 | | |
| | | | 长坞组 | 长坞<br>三巨<br>于潜 | | | | | | | | |
| | | 汤头组 | 黄泥岗组 | 黄泥岗组 | 微晶灰岩 | | 2.66 | 14.7 | 1824～3920 | | | ③ |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 陶系 | 中统 | 宝塔组 | 砚瓦山组 | 砚瓦山组 | 微晶灰岩 | | 2.51 | 11.3 | 1450～2027 | 5400～6200 | | |
| | | 宝塔组 | 闲林组 | 胡乐组 | 页岩、硅质页岩 | | 2.40～2.74 | 0.8～75.0 | 299～4485 | | | |
| | 下统 | 牯牛潭组 | 荆山组 | 宁国组 | | | | | | | | |
| | | 大湾组 | | | | | | | | | | |
| | | 红花园组 | 留下组 | 印渚埠组 | 亮晶灰岩 | 656.79 | 2.69 | 26.3 | | | | |
| | | 仑山组 | | | 微晶灰岩 | 831.25 | 2.74 | 21.9 | | | | ③ |
| 寒武系 | 上统 | 观音台组 | 超峰群 | 西阳山组 | 交代白云岩 | 1054.69 | 2.79 | | | 5600～6900 | | |
| | | | | 华严寺组 | | | | | | | | |
| | 中统 | 炮台山组 | 杨柳岗组 | 杨柳岗组 | 白云质灰岩 | 1082.77 | | | | | | 2 |
| | 下统 | 幕府山组 | 大陈岭组 | 大陈岭组 | 白云质灰岩 | 881.03 | | | | | | |
| | | | 荷塘组 | 荷塘组 | 页岩 | | 2.64 | 3.8～4.6 | 33383.7～49168.7 | | | ② |
| 震旦系 | 上统 | 灯影组 | 西峰寺组 | 西峰寺组 | 微晶白云岩 | 1230.06 | 2.83 | 68.7～148.4 | 907.0～10826.0 | 6300～6800 | | |
| | | 陡山沱组 | | | | | | | | | | |
| | 下统 | 高桥组 | | 雷公坞组 | 含砾千枚岩 | | 2.63 | 95.8～257.1 | 232～484 | | | 1 |
| | | | | 志棠组 | 砂岩、泥岩 | | 2.55～2.74 | 59.9～300.9 | 256.0～148366.0 | | | ① |
| 元古界—太古界 | | | 惠南群 | 上墅组 | 砂岩、泥岩 | | 2.74 | 600 | 322～1030 | 6000 | 高速、高密度高阻、高低磁互层 | |
| | | | | 虹赤村组 | | | | | | | | |
| | | | | 骆家门组 | | | | | | | | |
| | | | 金山群 | 双溪坞群 | | | | | | | | |

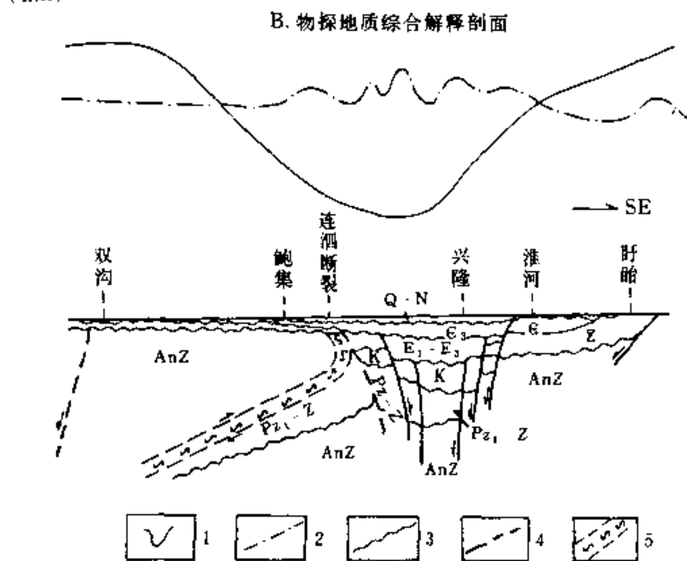



图 1-5-5　连泗断裂与双沟推覆构造关系图（据华东石油地质局 HQ—13 线物探地质综合解释剖面图，1986）

1—布伽重力剖面；2—航磁剖面；3—地层不整合面；4—断裂；5—韧性剪切带

成陡立地层带；东部巢湖银屏山至无为县响山一带形成了一系列规模不等的推覆构造，外来体系为灯影组，原地系统为下二叠统，由西向东推覆。

(4) 获垛—博镇推覆构造　大面积第四系覆盖，据钻井资料分析，确有推覆构造存在，例如兴化县获垛镇 4 井震旦系灯影组藻白云岩逆冲于二叠系、石炭系之上，结合邻井地质资料，确定其为震旦系—志留系组成的由北西向南东逆冲于上古生界之上的推覆体，并可与浦镇地区类似的推覆体相连，组成一系列北东走向的推覆构造。

(5) 泰州推覆构造　苏 135 井钻穿厚达 929 米的寒武系之后，又进入浦口组，表明寒武系是推覆在浦口组之上的外来体系。

(6) 茅山—九连山推覆构造　由苏南的茅山延伸至皖南的九连山，北北东至北东走向，地球物理资料表明茅山、九连山等由古生界、三叠系组成的山体无根，由古生界和三叠系组成的外来系统具有叠瓦状构造特点，并逆掩于上侏罗统和上白垩统之上，运动方向由南东向北西。

(7) 句容推覆构造　位于茅山推覆构造的西侧，钻探证明古生界倒转背斜和逆冲断层屡见不鲜，通过句容地区的 EJDS—101 地震地质解释剖面也证明这一推覆体是存在的。

(8) 宜兴—长兴推覆构造带　位于太湖西南，苏、皖、浙边境地带，与推覆构造有关的有北东向和东西向两组不同方向、不

同形成方式的断裂。

北东和北北东向逆冲、逆掩断层发现于社渚向斜、张渚向斜、煤山等向斜的北西翼，自西而东有伍员山、大贤岭、张渚、仰峰岕等，外来系统为上志留统茅山组和上泥盆统五通组，以低缓角度自北西向南东逆掩在上古生界和下侏罗统象山群之上。

近东西向推覆构造发育在宜兴白泥场、长兴白石山、吴兴云峰山等地，外来系统以茅山组为主，原地系统一般为三叠系。如宜兴白泥场矿区钻探证实，茅山组、五通组逆掩于晚侏罗世火山岩之上，于长兴白石山钻井揭示，700米深度内中生代红层与古生代地层三次重复出现。推覆构造断层面倾向南、北不定，倾角0°～20°，为近东西向的低角度波状起伏的推覆构造，断层性质正逆叠加，与高期次重力滑动构造有关。

(9) 苏州推覆构造　主要呈北东走向，星散分布在苏州西郊和太湖内，自北而南已被证实的有阳山、穹窿山、洞庭东山和西山等，这些推覆体的外来系统为产状平缓的茅山组和五通组，原地系统为石炭系、二叠系、三叠系，推覆断裂面产状平缓，仅10°～15°，主要倾向南东。

(10) 临安马啃、皖南休宁推覆构造　位于皖、浙边境江南隆起上，外来系统为石炭—三叠系的碳酸盐岩，原地系统为元古界和寒武系，滑动系统为下石炭统的泥岩，以往把这种接触关系都定为角度不整合，近年来在休宁流塘上古生界之下钻井多次打到中生代红层，临安马啃在接触面上找到很多推覆的证据，否定了不整合，定为产状平缓的滑覆构造，滑覆方向为自西向东。

*3.推覆构造特征*

(1) 三种型式　本区的推覆构造可分挤压推覆、重力滑覆、复合叠覆等三种型式。挤压推覆表现了规模较大的地层倒转，和褶皱拉铺相似，只是规模较小；重力滑覆由规模不等的滑动岩块、岩片和岩席组成，不是褶皱后期，而是褶皱期后产物，重力是一直起作用的因素，用低角度正断层可以得到合理的解释；复合叠覆是上述两种类型叠加而成，早期往往是挤压推覆，后期重力下落滑覆，如茅山推覆体是典型的挤压推覆构造，而又看到滑覆现象。

(2) 三个形成阶段　推覆构造主要形成于中生代，大体可分印支、早燕山、晚燕山三个阶段，挤压推覆主要发生于印支和早燕山阶段，重力滑覆开始于早燕山阶段，结束于晚燕山阶段。

(3) 以群体形式出现　推覆构造都是以群体形式出现，大体可以分为东西和北东向二类群体推覆带，都是多种成因，多期发育的。北东向、北北东向挤压推覆构造的断面倾向，大体在长江断裂以北为北西倾向，在长江断裂和无锡长兴以北为南东倾向，而在无锡长兴以南又倾向北西，至富阳、绍兴一带又转向南东，形成二个对冲局面；

(4) 为寻找油、气开拓了新领域　推覆构造产生大量古生代叠覆构造，造成盆地下面有盆地，山地下面有盆地，台地下面有盆地，使有利的含油层系重复出现，可能使某些油气藏在特定条件下形成和保存，为找油找气开拓了一个引人注目的新领域。

**四、构造单元划分**

在本区，震旦系—三叠系海相沉积为找油找气的主要层系，因此一级构造单元的划分势必主要考虑中、古生代构造特点，并以准地台阶段的构造格局及其演化做为构造单元划分的主要标准；考虑到印支—燕山运动对本区发生了强烈的改造，因此二级构造带的命名采用中、古生界和中、新生界盖层双重地质特征命名方案，把受中、新生界盆地覆盖的地区称为

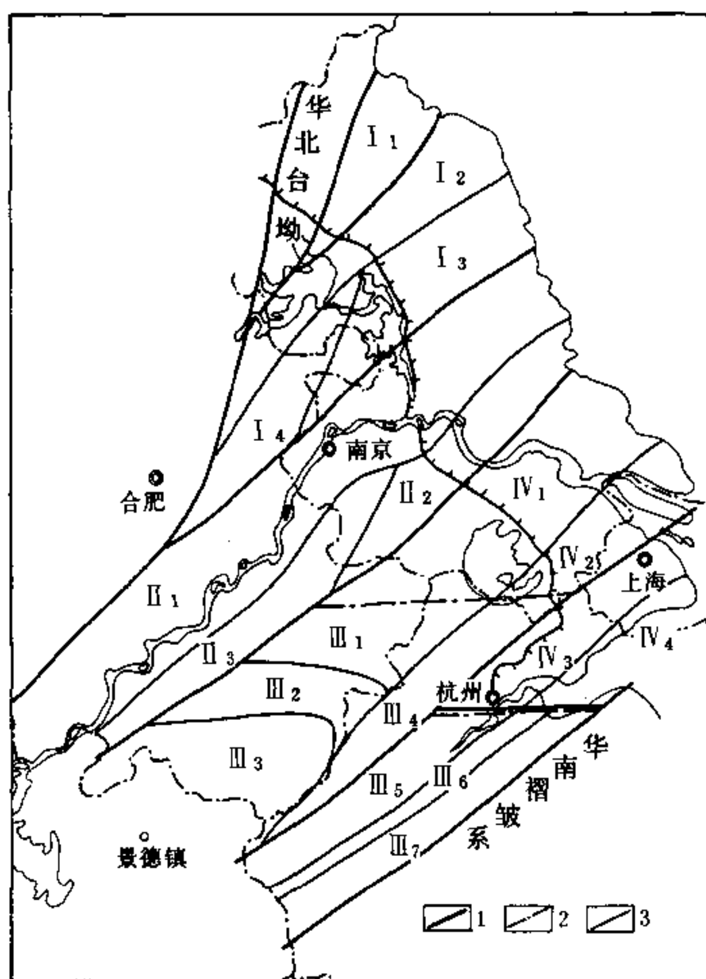



图 1-5-6 下扬子地区构造分区图

1—大断裂；2—二级构造单元界线；3—三级构造单元界线

图中罗马数字为构造单元编号，其编号同表 1-5-3

潜褶带，露头区称为褶带。又进一步将上古生界三叠系广泛分布的地区称为低褶带；三叠系—震旦系都有分布，但奥陶或志留系泥岩盖层大面积保存的称为中褶带；下古生界广泛暴露的称为高褶带；褶带之下根据褶皱组合特点还可分为复向斜和复背斜带（表 1-5-3，图 1-5-6）。

*1.滁河台陷*

位于本区北部，连云港—泗阳断裂和滁河断裂之间，呈北东走向，进一步可分四个二级构造。

滁河台陷是下扬子准地台北西边缘的深坳陷，震旦系—志留系厚度超过 4000 米，震旦纪—奥陶纪坳陷明显，下震旦统为杂陆屑—硅质页岩建造，上震旦统至寒武系以深水碳酸盐岩为主，中下奥陶统为深陆棚碳酸盐岩，上奥陶统局部出现浊积岩；志留纪水体变浅，为笔石、介壳混合相沉积。加里东运动使台陷上隆，上泥盆统常假整合于上志留统之上，边部可超覆在奥陶系之上。晚泥盆世至石炭纪重又沉降，二叠纪以后抬升，至三叠纪已露出水面不再接受沉积，侏罗纪以来除西部继续隆起外，大部分地区被燕山至喜山期的苏北盆地所覆盖。

该台陷褶皱强烈，北东向背、向斜紧密排列成线形同斜复式褶皱，轴面倾向北西，与褶皱伴生的纵断层、横断层发育。东部褶曲较为宽缓，岩浆活动不强。

*2.沿江台坪*

位于长江两岸，北东走向，滁河断裂和江南大断裂间。

沿江台坪较长时间处在水下隆起状态，震旦系—三叠系累计厚度 2000～7000 米。早震旦世时凸起已很明显，两侧坳陷厚近千米，凸起上仅有 400 米；晚震旦世至中奥陶世早期仍保持隆起，为台地相沉积；中奥陶世晚期至志留纪早期水体变深，由陆棚相瘤状灰岩向上变为笔石页岩；志留纪中期以后水体又变浅。加里东运动时抬升上隆，普遍缺失中下泥盆统。晚泥盆世以来被更次一级的凹陷、凸起所复杂化、直至晚石炭世才转为凹陷地带。三叠纪时台坪的中心部位变为一条狭长的闭塞泻湖，成为下扬子台坳的一个沉降地带。印支运动后抬

表 1-5-3　下扬子地区构造分区表

| 一级构造单元 | 二级构造单元 | 面积[1]　(km²) |
| --- | --- | --- |
| 滁河台陷<br>Ⅰ | Ⅰ₁北部隆起<br>Ⅰ₂淮阴滨海潜高褶带<br>Ⅰ₃金湖盐城潜中褶带<br>Ⅰ₄滁河高褶带 | 10600<br>13000<br>11400<br>5000 |
| 沿江台坪<br>Ⅱ | Ⅱ₁东台安庆潜中褶带<br>Ⅱ₂海安常州潜低褶带<br>Ⅱ₃句容南陵潜低褶带 | 39600<br>7500<br>7600 |
| 钱塘拗拉槽<br>Ⅲ | Ⅲ₁太湖广德低褶带<br>Ⅲ₂江南边缘高褶带<br>Ⅲ₃江南隆起<br>Ⅲ₄吴江昌化高褶带<br>Ⅲ₅富阳开化中褶带<br>Ⅲ₆临浦常山高褶带<br>Ⅲ₇绍兴江山中褶带 | 9000<br>4500<br>7600<br>8400<br>8400<br>3600<br>5000 |
| 沪杭过渡带<br>Ⅳ | Ⅳ₁南通苏州低褶带<br>Ⅳ₂启东昆山高褶带<br>Ⅳ₃上海杭州潜中褶带<br>Ⅳ₄南汇海盐高褶带 | 20200<br>8100<br>8800<br>3600 |

①不包括下扬子地区江西部分面积。

升成陆，沿江可能形成一个断裂带，早中侏罗世有煤系沉积，晚侏罗世开始广泛发生火山喷发。燕山中期后大部分地区被晚白垩纪—第三纪盆地所覆盖，仅有宁镇山地、宁芜山地、巢湖山地还露出地表。

台坪北部，背斜、向斜相间排列，并呈同等发育的复式褶皱；中部除宁镇一带构造较复杂外，一般向斜较背斜宽缓；南部为对称及斜歪褶曲，轴面倾向南东。与褶皱伴生的断裂和推覆构造发育，具南北对冲现象。侵入体多集中在长江两岸，以岩株、岩枝等小型侵人体为主、少数为岩基。

*3.钱塘拗拉槽*

位于本区南部，江南大断裂以南，沪杭过渡带以西，绍兴—江山断裂以北。

拗拉槽形成于震旦纪—中志留世，是下扬子台坳中坳陷最深的一个地带，震旦系及下古生界累计最大厚度达 12000 米。震旦纪至晚奥陶世，其中心一般为深水沉积，两侧变为陆棚至开阔海台地沉积，建造特点类似地槽；志留纪开始变为复陆屑建造；加里东运动后坳拉槽中心上隆，形成江南隆起雏形；晚古生代至早三叠世江南隆起两侧形成两个凹陷，海侵较大时隆起上有沉积，以地台型碳酸盐沉积为主，厚度较小。

拗拉槽的中心上隆后称为江南隆起，单体背、向斜多成扇状、歪斜状，总体形成一个东西向的扇形复式背斜。其北侧的江南边缘高褶带构造较简单，全为北东向的正常褶曲，愈近江南隆起，褶皱变得愈来愈紧密。江南隆起南侧褶皱构造多具线性特征，背斜、向斜紧密相随，断裂也较发育。江南隆起东北倾没端称太湖广德低褶带，褶皱宽缓，向斜保存完整，背斜多遭破坏，褶皱轴向多变，以短轴状背斜为主。

岩浆岩发育，江南边缘高褶带以印支期、燕山期大型岩基为主，花岗岩占绝对优势，江

南隆起多超基性岩，隆起南多中生代火山岩，并有花岗岩枝、岩株和少量岩基侵入。

*4.沪杭过渡带*

位于本区东部，江南大断裂之南，绍兴—江山大断裂之北，钱塘拗拉槽之东；震旦纪至中志留世为围绕拗拉槽逐步抬升的斜坡地带，沉积上具有台坪向拗拉槽过渡的性质。晚泥盆世至二叠纪的沉积特征与下扬子台坳其它地区类似。侏罗纪以后南部被大片早中侏罗世煤系、晚侏罗世至早白垩世火山岩、晚白垩世至早第三纪陆盆覆盖，仅有少量古生代地层分布在第四系下，或呈残山。

该区北部南通苏州低褶带地表褶皱轴向多变，背斜狭窄、向斜开阔，产状平缓。无锡、常熟、苏州一带地表多推覆构造，呈群体出现，大部分属于滑覆类型，也有复合类型。大型侵入体主要分布在太湖东岸和南岸，以花岗岩为主。

**五、构造发展与演化**

下扬子地区构造的发展可分前震旦纪、震旦纪至志留纪、泥盆纪至中二叠世、晚二叠世至第四纪四个阶段（图1–5–7）。

*1.前震旦纪地槽发展阶段*

大别运动后，中国东部形成统一古陆，中元古代至青白口系，下扬子地区下陷成为陆缘地区，形成两个构造旋回。下旋回期间本区北部张八岭中部和浙赣边界一带，各形成一个冒地槽，堆积了一套次深海—浅海槽盆相砂、泥质复理石建造（张八岭群下部和上溪群），晚期张八岭冒地槽发生过一次拉开过程，形成了张八岭群上部碱钙系列的细碧角斑岩。上旋回期间，张八岭冒地槽封闭，扩大了古陆的范围，皖浙赣冒地槽继续下陷，堆积了厚度逾万米的砂、泥质复理石建造和细碧角斑岩建造。

*2.震旦纪—志留纪准地台阶段*

青白口纪末发生的晋宁运动使下扬子地区整体回返，基底基本固结，初期的北东—北东东向构造格架形成。自震旦纪开始，随着统一古陆的解体，下扬子台坳北部裂陷形成滁河台陷，皖、浙、赣边境地区裂陷形成钱塘拗拉槽，两者之间为下扬子台坪，形成两坳夹一台的格局，滁河台陷水体较浅，钱塘拗拉槽水体较深，下扬子台坪这个时期始终为浅水的碳酸盐岩，台坪和坳陷之间有斜坡过渡。到了晚奥陶世晚期至早志留世，两侧坳陷上隆，水体变浅，多陆源碎屑岩，台坪下降成为海盆中心。中志留世后，滁河台陷抬升成陆，钱塘拗拉槽中心缓慢上隆，两侧形成磨拉石建造，堆积复陆屑砂岩。

*3.晚泥盆世—中三叠世地台发展阶段*

晚加里东运动使下扬子地区全部上升为陆，早中泥盆世大陆处于剥蚀夷平阶段，晚泥盆世开始又接受沉积，改变早古生代沉积格局，形成了北东走向的“三凹二凸”，自北西向南东分别为滁河台凹、沿江台凸、皖南台凹、江南隆起、钱塘台凹。晚泥盆世至早石炭世以单陆屑滨海相碎屑岩为主；晚石炭世后，大面积沉降，海水侵入，晚石炭世、早二叠世以碳酸盐岩为主，三个台凹中沉陷最深的是钱塘台凹；早、晚二叠世之间发生东吴运动，东吴运动后，江南隆起继续上隆，隆起之北的滁河台凹、皖南台凹逐渐抬起，沿江台凸下陷形成凹陷带，沉积晚二叠世龙潭煤系和晚二叠世晚期至中三叠世的碳酸盐岩，并有巨厚的石膏沉积，江南隆起之南钱塘台凹的中心逐渐向南迁移，沉积晚二叠世礼贤煤系、大隆组和早三叠世政棠组碎屑岩。

*4.晚三叠世至第四纪大陆边缘活动带发展阶段*

印支运动后，海水基本退出大陆，地台盖层发生褶皱，燕山运动和喜山运动造成多期陆

相盆地叠覆，西部、南部火成活动强烈。

## 第四节 油 气 生 成

### 一、沥青、原油和天然气的物理及地球化学特征

*1.沥青的物理及地球化学特征*

沥青主要见于震旦系至下古生界，呈脉状或产于砂岩、碳酸盐岩的孔隙、裂隙中，显示点近百个，择其要者列于表1-5-4中。

*2.原油的物理及地球化学特征*

下扬子地区有原油显示200余处，主要见于上古生界至三叠系，个别见于下古生界，以油浸、油迹、油斑为主，个别点为油流。原油比重较低，一般不大于0.9，粘度中低，总烃含量不高，含蜡量变化较大，姥／植比一般大于1.5，属海相原生油，原油成熟度较低，唯伏牛山两口井的油样，比重高，粘度大，可能是原油受氧化作用的缘故。苏北盆地真43井寒武系原油的姥／植比低于1，可能是新生古储的（表1-5-5）。

原油质量以句容盆地容3井青龙群的最好，其特点是比重低（0.8063），含蜡量低（3.8%），含硫较低（0.4%），初馏点低（72℃），300℃以前馏出量高达74%。

*3.天然气的物理及地球化学特征*

下扬子地区古生界至三叠系的天然气样点很少，可分四种类型，其物理及地球化学特征见表1-5-6。

（1）句容容3井烃类气　主要成分为烃类和氮气，重烃含量高，湿度大于0.05，达0.27，是典型的油型气；

（2）长兴煤山地区C煤层中的煤气　与煤共生，主要成分为烃类，重烃含量较高，湿度达0.21，属一种特殊类型的煤成气；

（3）无机气　苏北盆地大深4井寒武系碳酸盐岩产二氧化碳气，日产6000～8000立方米，含二氧化碳98%，氮1.5～4.78%、氦0.21～0.66%；

（4）混合气　苏北泰兴黄桥地区，志留系至二叠系产以二氧化碳为主的气体，下古生界烃气含量为3.5～20%，上古生界为0～3.0%，$H_1$井在产气的同时，还有少量凝析油，成因为油藏气和无机气的混合气，煤山等地区很可能也有煤成气和油型气的混合气。

### 二、生油层[1]

*1.有机质丰度*

根据资源评价报告的意见，生油岩丰度按表1-5-7的标准评价。

上震旦统—志留系，有机质热演化程度高，反映有机质丰度的氯仿沥青“A”、烃含量数据很难取到，因此把有机碳含量为三级以上，非高能环境的暗色泥岩或碳酸盐岩定为生油岩。从表1-5-8中可以看出：各单元下寒武统暗色泥质岩的有机碳平均含量都达到1.5%以上，是全区普遍性的生油岩。钱塘拗拉槽除上寒武统外，上震旦统和中寒武统碳酸盐岩、泥岩的有机质丰度都达一级标准；上寒武统石灰岩和中、下奥陶统的泥质岩也可达到二到三级，生油岩累计厚度达千米以上，是全区最重要的生油坳陷。滁河台陷和沪杭过渡带，寒武系的碳酸盐岩和泥质岩的有机质丰度一般可达到一至二级，生油条件较好。沿江台坪生油条

---

[1] 参阅苏、浙、皖、闽四省油气资源评价（1986，内刊）资料编写。

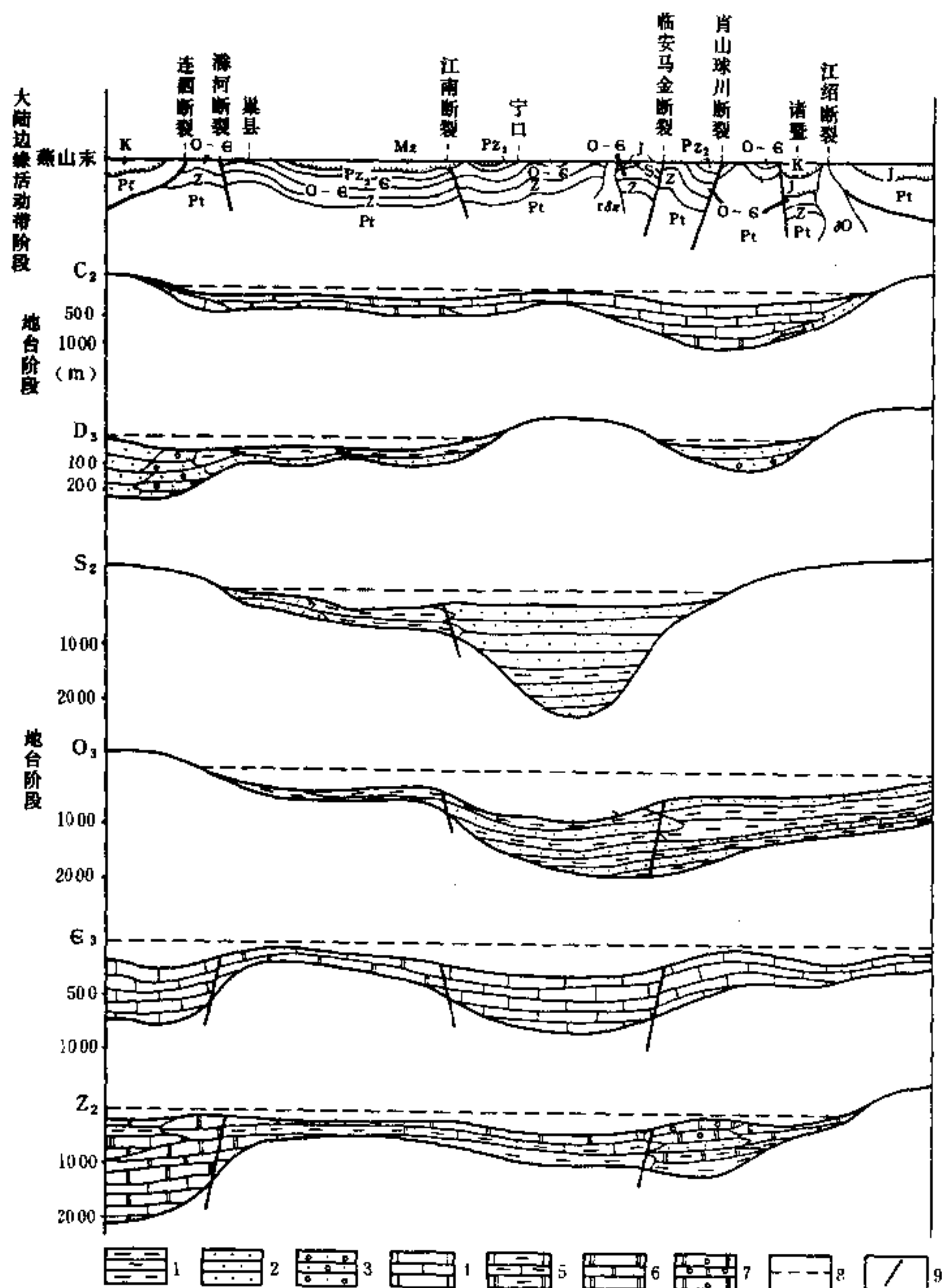



图 1-5-7 下扬子地区震旦纪—新生代构造演化剖面图

1—泥岩、页岩；2—砂岩、粉砂岩；3—砂砾岩；4—石灰岩；5—泥灰岩；6—白云岩；7—砾屑白云岩；8—海平面；9—断层

**表 1-5-4　下扬子地区主要沥青点分析成果汇总表**

| 时代 | 代表性地点 | 沥青类别 | 条痕 | 光泽 | 相对密度 | 物态 | 荧光显微镜 |  | 氯仿可溶性 | 族组分(%) |  |  | 元素分析 |  |  | $R_o$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  |  |  |  |  |  |  | 颜色 | 强度 |  | 饱和烃 | 芳香烃 | 沥青质 | H (%) | O (%) | H/C |  |
| $O_{1n}$ | 泾县北贡许村 | 地沥青—硬地沥青 |  |  |  | 塑性 |  |  | 溶 | 5.89 | 32.93 | 33.33 |  |  |  |  |
| $S_2$ | 安吉康山 | 中成焦沥青 | 黑色 | 暗—半金属 | 1.40 | 固态 | 暗黑褐 | 弱 | 微溶 | 10.55 | 40.66 | 20.32 | 3.19 | 2.58 | 0.54 | 2.3 |
| $O_{3s}$ | 玉山鸡头山 | 中成焦沥青 | 黑色 | 暗—半金属 |  | 固态 | 暗黑褐 | 微弱 | 微溶 |  |  |  | 3.39 | 5.95 | 0.51 | 3.18 |
| $O_{2h}$ | 太平西山 | 深成焦沥青 | 黑色 | 金刚—半金属 | 1.77 | 固态 | 无 | 无 | 微溶 | 8.90 | 23.37 | 54.14 | 1.32 | 8.55 | 0.18 | 5.20~5.30 |
| $O_1$ | 绩溪洪圹 | 深成焦沥青 | 黑色 | 暗淡—半金属 |  | 固态 | / | / | 不溶 |  |  |  | 2.10 | 3.98 | 0.39 | 4.15 |
| $∈_1$ | 安吉姚村 | 深成焦沥青 | 黑色 | 油脂—半金属 |  | 固态 | / | / | 不溶 |  |  |  |  | 1.08 |  | 2.70~4.80 |
| $Z_2$ | 余杭泰山 | 深成焦沥青 | 黑色 | 半金属 | 1.72 | 固态 | / | / | 不溶 |  |  |  | 0.69 | 3.26 | 0.10 | 4.41~5.24 |
| $Z_2$ | 绍兴坡塘 | 深成焦沥青 | 黑色 | 半金属 |  | 固态 | / | / | 不溶 |  |  |  |  |  |  | 4.39 |

**表 1-5-5 下扬子地区原油**

| 地点 | | 句容盆地 | | | | 张渚盆地 | | 苏北黄桥 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 东风 4 井 | | 容 2 井 | 容 3 井 | | | |
| | | >700m | <700m | 295～426m | 570～653m | 地 表 | 地 表 | 苏174 井 |
| 层 位 | | 青龙群 | 青龙群 | 下青龙组 | 下青龙组 | 下青龙组 | 上青龙组 | 青龙群 |
| 原油外观 | | 棕褐、稀 | 黄绿、稀 | 棕褐 | 黑绿 | | | |
| 相对比重 | | 0.8890 | 0.8565 | 0.8772 | 0.8063 | | | |
| 粘度 | 运动粘度 ($m^2/s$) | 8.87 | 8.96 | 10.5 | | | | |
| | 动力粘度 Pa·s | | | 8.9 | | | | |
| 含蜡量(%) | | 19.43 | 20.43 | | | 3.8 | | |
| 凝固点(℃) | | -6 | +2 | <-5 | <-10 | | | |
| 烃化学(%) | 饱和烃 | 42.32 | 48.88 | 56.2 | 69.7 | 30.59 | | |
| | 芳香烃 | 13.84 | 4.97 | 26.1 | 24.4 | 9.92 | | |
| | 非 烃 | 38.72 | 45.83 | 10.3 | 5.9 | 56.68 | | |
| | 沥青质 | 8.49 | 0.32 | 7.4 | 0.04 | 2.83 | | |
| 碳数范围 | | | | | | $C_{16}$～$C_{31}$ | $C_{12}$～$C_{32}$ | |
| 主峰碳数 | | | | $C_{15}$ | $C_{12}$ | $C_{26}$ | $C_{24}$ | |
| OEP 值 | | | | 1.03 | 0.95 | 0.83 | 0.95-1.06 | 0.94 |
| Pr/Ph | | | | 1.51 | 1.69 | 1.88 | | |
| 馏程 | 初馏点(℃) | 111 | 126 | 100 | 72 | | | |
| | 150℃(%) | 2.5 | 2.5 | | | | | |
| | 200℃(%) | 10.6 | 11.9 | 14.5 | 48.0 | | | |
| | 270℃(%) | 22.2 | 28.1 | | | | | |
| | 300℃(%) | 29.7 | 35.6 | 33.5 | 74.0 | | | |
| 含硫量(%) | | 0.5 | 0.11 | 0.53 | 0.40 | | | |
| $\delta^{13}C$ PDB(‰) | | | | -28.27 | -27.18 | | | |

油质分析成果汇总表

| 伏牛山 | | 东风煤矿矿井 | 煤山盆地 | | 句容盆地 | 苏北盆地 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 东风3井 | 东风13井 | | 综 合 | 煤1井 | 容1井油砂 | 苏174 | 苏174 | 真43井 |
| 青龙群 | 青龙群 | 大隆组 | 龙潭组 | 堰桥组 | 龙潭组 | 坟头组 | 坟头组 | 寒武系 |
| 棕褐,浓 | 棕褐,浓 | 黑绿,机油状 | 黄褐、棕黄 | 黄绿 | | 墨绿 | 淡黄 | |
| 0.9236 | 0.9275 | 0.872 | 0.8699～0.8893 | 0.8670 | 0.8724 | 0.83～0.84 | 0.79～0.80 | |
| 100 | 103.3 | 12 | 17.6～60.4 | 9.0 | 11.0 | 2.2～5.9 | | |
| | 14.05 | 10.2 | | | | | | |
| 21.76 | 6.31 | | 1.93～5.145 | 10.78 | | 2.02 | | |
| −23 | −12 | −2.5～−10 | −4～8 | 11 | | −20 | | |
| 43.51 | 46.73 | 48.85 | 52.22～64.79 | 58.68 | 45.51 | 88.54 | | |
| 17.53 | 18.69 | 16.86 | 12.99～21.66 | 15.50 | 20.04 | 3.44 | | |
| 35.25 | 29.28 | 33.43 | 13.56～30.11 | 24.65 | 24.71 | | | |
| 3.71 | 5.30 | 0.86 | 0.15～2.77 | 1.07 | 9.74 | | | |
| | | | | | $C_{15}$～$C_{32}$ | | | |
| | | | $C_{17}$ | | $C_{20}$ | | | $C_{22}$ |
| | | | 1.54 | | 1.01 | | | |
| | | | 1.23 | | | >1.22 | | 0.75 |
| 111 | 160 | 106 | 108～230 | 106 | | 187 | 170 | |
| 1.9 | | | | | | | | |
| 5 | 0.97 | 16.9 | 0.067～8.11 | 23.0 | | | | |
| 14.4 | 10.81 | | | | | | 终馏287℃ | |
| 23.1 | 17.41 | 33.5 | 5.0～14.02 | 14.0 | 33.5 | 56 | | |
| 0.8 | 0.81 | 0.43 | 0.94～2.08 | 0.19 | 0.49 | 0.47 | | |
| | | | −27.81 | | | | | |

**表 1-5-6 下扬子地区天然气分析成果汇总表**

| 地点 | | 层位 | $CH_4$ (%) | $C_2H_6$ (%) | $C_3H_8$ (%) | $C_4H_{10}$ (%) | $\sum C_2$ (%) | $H_2S$+$CO_2$(%) | $CO_2$ (%) | $O_2$ (%) | $H_2$+$N_2$ (%) | $N_2$ (%) | $\delta^{13}$CPDB (‰) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 煤山盆地 | 千井湾 | 龙潭组C煤层 | 75.57 | 15.18 | 1.21 | 1.21 | | 3.79 | | 0.2 | 3.05 | | |
| | 白岘 | 龙潭组中$_2$ | 93.97 | | | | 1.96 | 1.70 | | 0.2 | 2.16 | | |
| | 加善矿 | 龙潭组中$_1$ | 92.81 | | | | 3.38 | 0.50 | | 0.1 | 3.21 | | |
| | 坑道 | 龙潭组中$_2$ | 91.42~91.62 | 2.06~2.70 | 0.79~0 | 1.11~1.35 | | 2.3~1.8 | | 0.9~2.0 | 1.42~2.33 | | |
| | 煤2井 | 堰桥组下 | 0.93 | 4.18 | 4.18 | 1.10 | | 1.1 | | 1.78 | 75.99 | | |
| | CK363 | 龙潭组 | 91.02<br>65.74 | 0.94<br>0.19 | 0.94<br>0.19 | | | 0<br>0 | | 1.95<br>9.97 | 6.09<br>24.10 | | |
| 句容 | 容3 | 青龙群 | 57.47 | 5.94 | 6.44 | 3.09 | | | 微量 | | | 23.28 | −43.49 |
| 黄桥 | 174井 | 栖霞组 | | | | | | | 93.4~98.0 | | | 1.8~4.7 | −2.87~−3.72 |
| | | 五通组 | 0.85~0.95 | | | | 0.052~0.068 | | 95.1~99.6 | | | | −2.75~−3.25 |
| | | 茅山组 | 1.45~1.94 | | | | | | 96.3~98.0 | | | 0.7~0.68 | |
| | | 坟头组 | 2.84~36.3 | | | | 0.43~0.82 | | 52~94.17 | | | 8..58~15.36 | −5.15~−5.88 |
| | | 坟头组 | 30.16~55.24 | | | | 2.06~4.83 | | 0.25~1.61 | | | 38.82~46..91 | |
| | $H_1$井 | 栖霞组 | | | | | | | 87.02 | 2.09 | | 10.67 | |
| | | 五通组 | 1.061 | 0.031 | 0.009 | 正 0.005<br>异 0.0027 | $\sum C_5$<br>0.008 | | 97.79 | | | 2.54 | |
| | | 茅山组 | 2.020 | 0.035 | 0.012 | 正 0.005<br>异 0.0031 | 0.005 | | 96.49 | | | 1.46 | |
| | | 坟头组 | 11.65 | 0.420 | 0.137 | 正 0.039<br>异 0.0225 | 0.111 | | 77.93 | | | 9.44 | |
| 天深 4 | | | | | | | | | 98.0 | | He0.21~0.66 | 1.5~4.78 | |

表 1-5-7 生油岩丰度划分标准表

| 岩类 | 泥质岩 | | | | 碳酸盐岩 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 指标 / 分级 | $C_{OT}$ (%) | 沥青"A" (ppm) | HC (ppm) | HC / $C_{OT}$ | $C_{OT}$ (%) | "A" (ppm) | HC (ppm) | HC / $C_{OT}$ |
| 四 | <0.4 | <100 | <100 | <2 | <0.1 | <100 | <100 | <6 |
| 三 | 0.4~1.0 | 100~1000 | 100~500 | 2~4 | 0.1~0.15 | 100~250 | 100~200 | >6 |
| 二 | 1.0~1.5 | 1000~1500 | 500~1000 | 4~6 | 0.15~0.25 | 250~500 | 200~300 | ≥6 |
| 一 | 1.5~2.0 | >1500 | >1000 | >6 | >0.25 | >500 | >300 | ≥6 |

件最差，仅下寒武统、上奥陶统的泥质岩有生油条件，但厚度不大。

上泥盆统—中三叠统，有机质热演化程度较低，氯仿沥青"A"、烃含量较高，故可按表 1-5-7 的标准确定生油岩。下二叠统栖霞组石灰岩、孤峰组泥岩的有机质丰度最高，普遍可以达到一级，是区域性的生油层。江南隆起以北上二叠统和下二叠统的碳酸盐岩和泥岩的有机质丰度也可达到一至二级，是最重要的生油区；江南隆起以南生油条件较差；滁河断裂以北，没有分析资料，但滨海一带，常见油气显示，估计也有生油条件。

*2.有机质类型*

有机质类型划分标准见表 1-5-9，根据该标准和表 1-5-10 对照，总的看来，下古生界暗色地层以腐泥型为主，其中以寒武系碳酸盐岩最优；上古生界—中三叠统类型较杂，多为过渡类型，其中以二叠系栖霞灰岩、三叠系青龙群的灰岩、泥岩为好。

比较不同构造单元的母质类型，震旦系—中奥陶统以钱塘拗拉槽为好，碳酸盐岩和泥岩多数属腐泥型，部分为腐植—腐泥型；沿江台坪、沪杭过渡带其次。上奥陶统—志留系，盆地中心移至沿江台坪一带，该地水体较深，母质类型较好，据镜下鉴定、沥青"A"、组分分析结果，属腐泥型或腐植—腐泥型；沪杭过渡带较差，属过渡型或腐植型。上泥盆统—下三叠统有机质类型以沿江台坪为最好，沪杭过渡带较差；滁河台陷目前还缺少分析资料。

结合丰度、厚度、母质类型三项指标，把生油岩分成不同区，具体见图 1-5-8、1-5-9，总的看来钱塘拗拉槽是震旦系—下古生界生油的主力坳陷，主力生油层是寒武系的碳酸盐岩和泥质岩。沿江台坪和钱塘拗拉槽，沪杭过渡带北部是上古生界—中三叠统主要生油地区，主要生油层是二叠系的碳酸盐岩和泥质岩。上二叠统的树皮煤也很重要。

**三、有机质成烃演化**

*1.地温场*

据王钧对下扬子地区地温场的研究，区内地温等深线和地温梯度等值线呈北东向分布（图 1-5-10），1000 米地温等深线变化于二十几度至四十余度，2000 米地温等深线变化于五十几度至七十余度地温梯度每百米 2～3℃。钱塘拗拉槽主体等温线和地温梯度等值线都表示为低值带；滁河台陷没有确切数值，从趋势看数值也较低，沪杭过渡带和沿江台坪数值较高；此外金华、江山一带也形成一个高值带。

区内有不少钻井进行过地温测量，但古生界井温资料不多，浙江省金深 5 井 3000 米深处井温 104℃，地温梯度 2.84℃／100 米，金深 8 井 3000 米深处井温 96℃，地温梯度 2.57℃／100 米；江苏省海参 1 井，苏泰 174 井，地温梯度 3℃／100 米；黄桥 H5 井 5000

## 表 1-5-8 下扬子地区主要暗色层有机质丰度分区表

| 层位 | 滁河台阶 | | | | 沿江台坪 | | | | 钱塘坳拉槽 | | | | 沪杭过渡带 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 泥岩 | | 碳酸盐岩 | | 泥岩 | | 碳酸盐岩 | | 泥岩 | | 碳酸盐岩 | | 泥岩 | | 碳酸盐岩 | |
| | C (%) | "A" (ppm) | C (%) | "A" (ppm) | C (%) | "A" (ppm) | C (%) | A (ppm) | C (%) | "A" (ppm) | C (%) | "A" (ppm) | C (%) | "A" (ppm) | C (%) | "A" (ppm) |
| $T_1$ | | | | | 0.6 | 1900 | 0.11 | 234 | | | | | 0.74 | 130 | 0.18 | 86 |
| $P_2^2$ | | | | | 2.3 | 33 | 0.44 / 4① | 114 | | | | | | | 0.47 / 8 | |
| $P_2^1$ | | | | | 1.63 / 57 | 443 / 11 | | | 1.01 | 520 | | | 0.84 / 89 | 399 / 50 | | |
| $P_1^2$ | | | 有利② | | 1.9 / 5 | 294 / 5 | 0.26 / 50 | 320 / 8 | 1.14 | | | | 1.96 / 3 | 300 | 0.38 / 7 | 230 / 8 |
| $P_1^1$ | | | 较有利 | | | | 1.9 / 27 | 60~369 | 0.77 / 7 | | 0.21 / 8 | 485 / 2 | 0.77 / 7 | | 0.19 / 168 | 240~369 |
| $C_2$ | | | 较有利 | | | | 0.04~0.16 | 3~255 | 0.49 / 5 | | 0.23 / 78 | | 0.49 / 5 | | 0.18 / 12 | 40~110 |
| $C_1$ | 1~0.5 | | | | 0.13~1.32 | 150~263 | 0.07 | 40 | | | | | | | | |
| $D_3$ | 0.42~1.0 | | | | 0.88 / 4 | 190 / 1 | | | | | | | 0.1 / 9 | | | |
| $S_2$ | | | | | <0.5~1.0 | | | | | | | | 0.03 / 96 | | | |
| $S_1$ | | | | | 0.1~0.2 | | | | 0.07 / 27 | | | | 0.11 / 51 | | | |
| $O_3$ | | | | | >0.4 | | | | 0.19 / 139 | | 0.1 / 30 | | 0.43 / 6 | 70 / 1 | | |
| $O_{1-2}$ | | | 较有利 | | | | <0.1 | | 0.43 / 125 | | 0.096 / 61 | | | | 0.11 / 5 | |
| $\in_{2-3}$ | | | 0.1~0.5 | | | | 0.1~0.2 | | 1.5 / 4 | | 0.29 / 204 | | 0.64 / 6 | | 0.29 / 77 | 59 / 37 |
| $\in_1$ | 有利 | | 有利 | | 1.0~4.0 | | | | 2.75 / 30 | | 0.73 / 4 | | 1.59 / 12 | 89 / 11 | 0.72 / 12 | |
| $Z_2$ | | | 较有利 | | 0.4~>1 | | | | 0.51 / 2 | | 0.26 / 65 | | | | 0.53 / 31 | |

①分母为统计个数，分子为统计平均值；不以分式表示的是一般值。

②有利、较有利是根据岩相条件推测。

表 1-5-9　有机质类型划分标准表

| 项目 | | 类型 | Ⅰ型（腐泥） | 混合型 $Ⅱ_1$ | 混合型 $Ⅱ_2$ | Ⅲ型（腐植） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 氯仿沥青"A" | 组分 | 饱和烃(%) | >40 | 40～20 | 40～20 | <20 |
| | | 芳香烃(%) | 25～15 | 25～5 | 25～5 | 22～10 |
| | | 非+沥(%) | <40 | 40～60 | 40～60 | >60 |
| | | 饱／芳 | >3 | 3～1 | 1.6～1 | <1 |
| | 元素 | C(%) | >80 | 80～72 | 78～72 | <72 |
| | | H(%) | >12 | 12～9 | 9～7 | <7 |
| | | C／H | <7.5 | 7.5～8.5 | 8～9 | 9～12 |
| 干酪根 | | H／C | 1.6～1.4 | 1.4～1.0 | 1.0～0.8 | <0.8 |
| | | 镜鉴 | 无定形为主 | 各组分相对比例变化较大 | | 以轮廓形为主 |
| 红外光谱 | | $1380cm^{-1}/1600cm^{-1}$ | >1.7 | 1.7～0.7 | | <0.7 |
| | | $1460cm^{-1}/1600cm^{-1}$ | 14～3 | 3～1 | | <1 或>14 |
| | | $2920cm^{-1}/1600cm^{-1}$ | >10 | 10～5 | | <5 |
| | | $1380cm^{-1}/750cm^{-1}$ | >1.7 | 1.7～0.7 | | <0.7 |
| 甾烷指标 $C_{27}/C_{29}$ | | | >1.0 | 1.0～0.6 | | <0.6 |

米深处井温 186。87℃，今地温梯度约为 3.44℃／100 米。

地温场从古至今不是一个衡定数值，而是随不同时期的构造活动性而发生变化，今地温场反映的是近代构造活动性，不能反映中古生界海相沉积的有机质演化，因此对不同地区有机质成烃演化的分析，不以今地温场为主要标准，而要着重考虑不同地区实测的有机质演化数据（表 1-5-11、表 1-5-12）。

*2.成熟生油岩分布*

根据有机质成熟度分析数据，油气苗分布、生油层埋藏深度和地热流资料的分析，中古生界生油岩有机质热演化有以下特点：

1）生油岩的热演化普遍遵循康南所提出的埋藏深度加大，地层层位变老，热演化程度加深的规律；如真武许庄地区从 2064 米到 4792 米镜质体反射率由 0.85%逐渐变化到 2.53%，其它地区也可以看到时代愈老，$R_o$、$T_{max}$ 数值愈大的趋势。

2）中、古生代沉降速度率较低的地区，成熟度较低，因而从图 1-5-11 可以看出，下扬子区无论是上震旦—志留系成油组合，还是泥盆系—中三叠统成油组合都是沿江台坪的东部最低，其次是沪杭过渡带的北部。

3）断层活动对生油岩的成熟度在局部范围有影响，沈修志等对宜兴川埠逆掩断层带附近煤的变质情况做了研究，近断层，煤的挥发分较低，变质程度高，由断层带向外 2～3 公里，煤的牌号从瘦煤→焦瘦煤→肥瘦煤→肥煤→气肥煤。徐嘉炜等研究了皖、浙、赣边境的

表 1-5-10　下扬子地区主要暗色层有机质类型分区表

| 单元 / 项目 / 类型 / 时代 | 沿江台坪 | | | | | | 沪杭过渡带 | | | | | | 钱塘拗拉槽 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 干酪根 | | 沥青"A" | | 红外 | 甾烷 | 干酪根 | | 沥青"A" | | 红外 | 甾烷 | 干酪根 | | 沥青"A" | | 红外 | 甾烷 |
| | 镜鉴 | H/C | 组分 | 元素 | | | 镜鉴 | H/C | 组分 | 元素 | | | 镜鉴 | H/C | 组分 | 元素 | | |
| T | Ⅰ、$Ⅱ_1$ | | Ⅰ | Ⅰ | ⅠⅡ | Ⅰ | $Ⅱ_2$ | | Ⅱ | | | | | | | | | ⅡⅠ |
| $P_2^2$ | ⅡⅢ | | Ⅱ | | | | Ⅱ | | Ⅱ | | Ⅰ | Ⅰ | ⅠⅡ | | Ⅱ | | Ⅰ | Ⅱ |
| $P_2^1$ | ⅢⅡ | Ⅲ | Ⅲ | Ⅱ | Ⅲ | | Ⅱ | ⅡⅢ | Ⅲ | | Ⅲ | ⅡⅢ | | | ⅢⅡ | | Ⅱ | ⅡⅢ |
| $P_1^2$ | Ⅱ | | ⅢⅡ | | | | ⅢⅡ | | ⅡⅢ | | | | | | Ⅱ | | Ⅰ | |
| $P_1^1$ | ⅡⅠ | | ⅠⅡ | | ⅢⅡ | | Ⅱ | | ⅠⅡ | | ⅠⅡ | ⅠⅡ | ⅡⅠ | Ⅲ? | Ⅱ | | | Ⅱ |
| $C_2$ | Ⅰ | | Ⅱ | | | Ⅱ | $Ⅱ_1$ | ⅠⅡ | ⅡⅢ | | | | Ⅰ | | | | | Ⅱ |
| $S_2$ | $ⅢⅡ_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $S_1$ | $ⅠⅡ_1$ | | ⅠⅡ | | | | ⅡⅢ | | | | | | | | | | | |
| $O_3^2$ | | | Ⅰ | | | | | | | | | | | | | | | |
| $O_2$ | | | | | | | | | | | | | $Ⅱ_1$ | | | | Ⅰ | |
| $O_1$ | ⅠⅡ | | Ⅰ | | | | | | | | | | $ⅠⅡ_1$ | | | | Ⅰ | |
| $\in_3$ | ⅠⅡ | | Ⅰ | | | | ⅢⅠ | | | | | | | | | | Ⅰ | |
| $\in_2$ | ⅠⅡ | | Ⅰ | | | | ⅢⅠ | | | | | | | | | | Ⅰ | |
| $\in_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | Ⅰ | |
| $Z_2$ | | | | | | | | | | | | | $Ⅱ_1$ | | | | Ⅰ | |

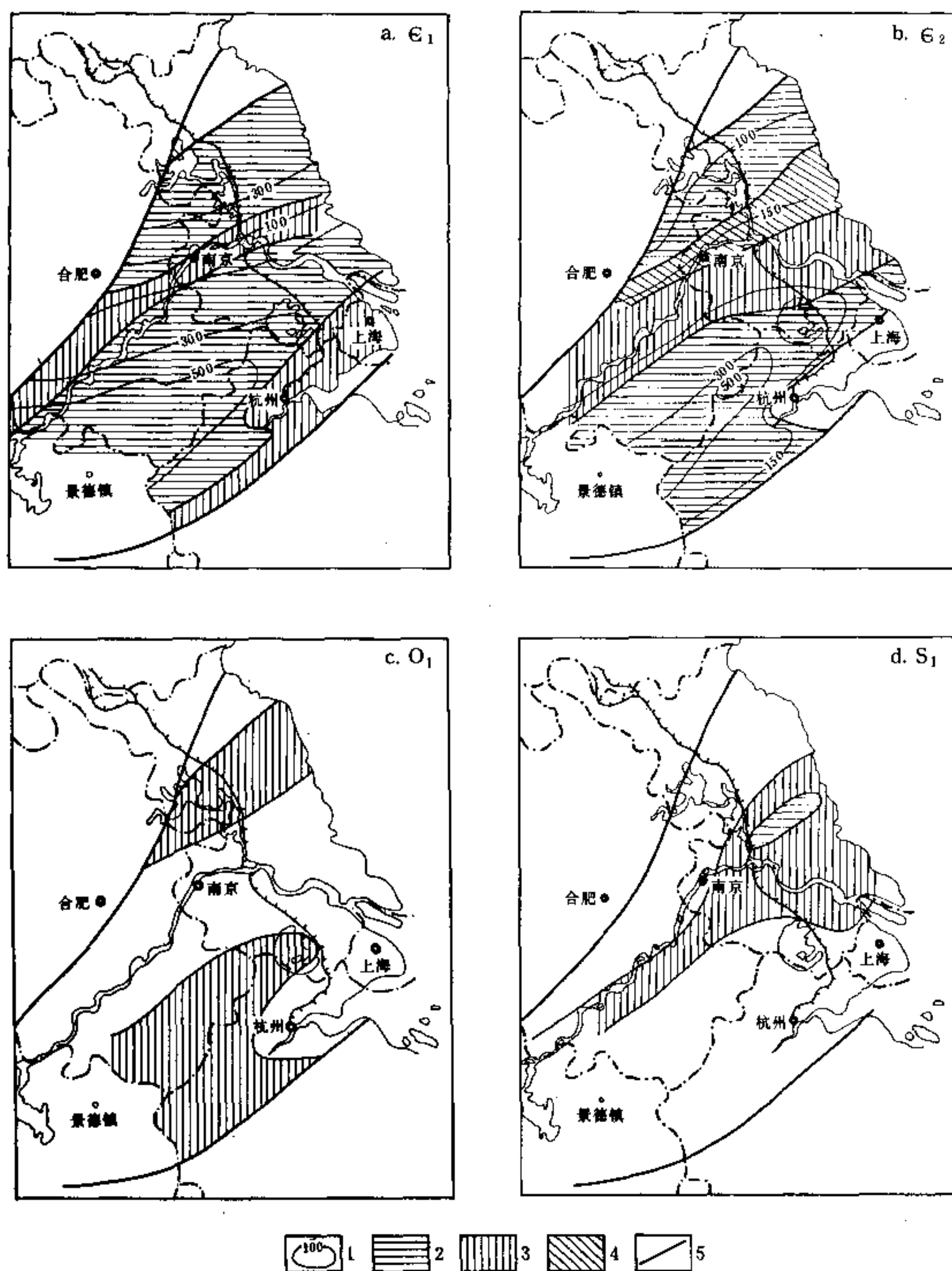



图 1-5-8　下扬子地区寒武、奥陶系生油条件分区图

1—暗色地层等厚线；2—有利生油区；3—较有利生油区；4—生油较差区；5—边界断裂

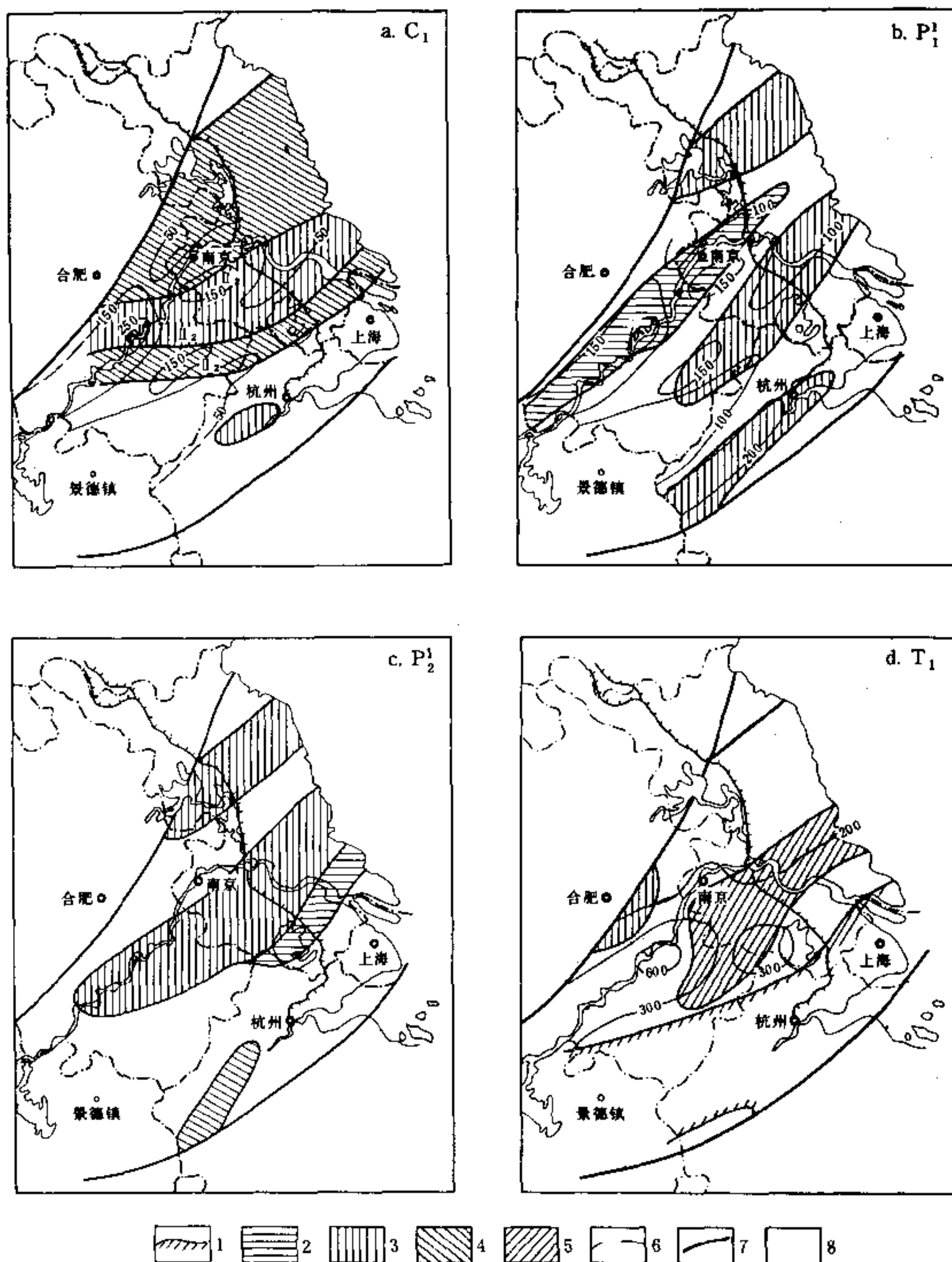



图 1-5-9　下扬子地区石炭二叠系、下三叠统生油条件分区图

1—剥蚀区；2—有利生油区；3—较有利生油区；4—生油较差区；5—较有利生油区或生油较差区；

6—暗色岩等厚线；7—边界断层；8—生油剥蚀较多区或生油较差区

**表 1-5-11　油气演化阶段划分标准表**

| 项目＼阶段 | 未熟 | 成熟 | | 过程熟 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | $II_1$ | $II_2$ | $III_1$ | $III_2$ | $III_3$ |
| $R_o$(%) | 0.5~0.7 | 0.7~1.35 | 1.35~2.0 | 2.0~2.5 | 2.5~3.0 | >3.0 |
| $T_{max}$(℃) | | <425 | 425~472 | 472~520 | >520 | |
| CAI(级) | <1 | 1~2 | | 3~4 | >4 | |
| 演化阶段 | 生物气 | 成油 | | 凝析油湿气 | 干气 | |

左行平移断裂，断裂带附近的岩石有明显的热变质，影响范围可达几公里。

4）侵入岩对生油岩成熟度也产生局部范围的影响，如宁镇岩体产生的围岩蚀变，影响范围可达5公里以上，有的岩体影响范围较小，火山岩对生油岩成熟度影响不大，如浙西最大的天目山火山岩区边缘，黄墅地区沥青反射率仅2.2%，变质程度并不高。

根据以上分析意见，提出下扬子区生油岩有机质热成熟度分区如下（图1-5-11）。

（1）震旦系和下古生界有机质成熟度分区　高成熟区主要分布在沿江台坪中部、北部，滁河台陷的东部和沪杭过渡带的北部，这些地区构造相对简单，岩浆活动较弱，沉降速率较低，常有中新生代盆地覆盖，井下多次见到油气显示。

过成熟区分布在沿江台坪西部、沪杭过渡带南部和钱塘拗拉槽，这些地区构造复杂，岩浆活动较强，中古生代沉降速率大，地面多处见焦沥青和古油藏。

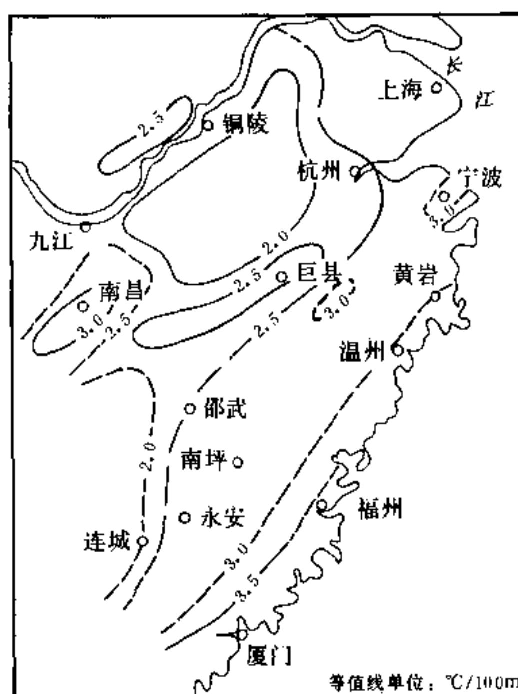


图 1-5-10　下扬子及邻区地温梯度图
（据王均，1985）

滁河台陷南部曾经发现过震旦系含油，钱塘拗拉槽南部江山、常山、玉山一带下古生界厚度较小，可能也属于高成熟区。

（2）上古生界和三叠系有机质成熟度分区　可划分为成熟、高成熟、过成熟三区，二叠系生油岩成熟区几乎包括沿江台坪的全部，滁河台陷的中部和东部、沪杭过渡带西部，高成熟区包括沪杭过渡带的北部和江山、常山一带，过成熟区范围不大，主要是钱塘拗拉槽地区和沪杭过渡带南部。上二叠统分区界线和三叠系类似，就是成熟区范围相对缩小，高成熟区和过成熟区范围扩大。

根据成熟度分区的特点，上震旦统和下古生界已很难找到原生油藏，某些演化程度较低

表 1-5-12 下扬子地区热演化数据表

| 单元 | 沿江台坪 | | | | | | | | 钱塘拗拉槽 | | | | | | 沪杭过渡带 | | | | | | 滁河台陷 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 地区 | 巢县 | | 句容 | | 黄桥 | | 苏北 | | 泾县 | | 富阳、开化 | | 江山 | | 煤山 | | 昆苏 | | 加兴 | | 滨海 |
| 时代 \ 项目 | $R_o$ (%) | $T_{max}$ (℃) | $R_o$ (%) | $T_{max}$ (℃) | $R_o$ (%) | $T_{max}$ (℃) | $R_o$ (%) | $T_{max}$ (℃) | $R_o$ (%) | $T_{max}$ (℃) | $R_o$ (%) | $T_{max}$ (℃) | $R_o$ (%) | $T_{max}$ (℃) | $R_o$ (%) | $T_{max}$ (℃) | $R_o$ (%) | $T_{max}$ (℃) | $R_o$ (%) | $T_{max}$ (℃) | $R_o$ (%) |
| $T_2$ | 0.6 | 472 | 0.6 | | | 416~462 | | | | | | | | | | | 0.57~0.78 | | | | |
| $T_1$ | | | | | | | | | 0.65 | | | | | | | 468 | | | | | |
| $P_2$ | | 475<br>485 | | 460<br>460<br>482 | 0.9~1.1 | 450~470 | 0.82<br>0.92 | | 1.06<br>1.15<br>1.21 | | | | | | 2.0~1.47 | 441<br>417~472 | (1.55~2.03) | 445~454 | | | |
| $P_1$ | 1.17 | 493 | | | | | | | | | | | | | 1.4~1.9 | 449~461<br>435~468 | | | | | |
| $C_2$ | 1.14 | 473 | 1.22 | 485 | | | 0.54~1.22 | | | | | | 2.33~2.7 | | 2.15 | 453 | | | | | |
| $C_1$ | | 463 | | | | | (1.36~1.98) | | | | 3.22 | | | | | | | | | | |
| $D_3$ | | | | 485 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $S_3$ | | | | 465 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $S_2$ | | 470 | 1.77 | 487 | 1.7 | 500 | | | | | | | | | 0.97~2.69 | | | | | | |
| $S_1$ | | 463 | 2.19 | 495 | 1.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $O_3$ | | | | | | | | | | | | | 3.24 | | | | | | | | |
| $O_2$ | | | | | | | 0.79 | | | | 1.22~4.01 | | | | | | 2.21~3.25 | | | | 0.79~1.27 |
| $O_1$ | | 468 | | | | | 1.19 | | | | 6.01 | | | | | | | | | | |
| $\in_3$ | | 441 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $\in_2$ | | 460 | | | | | | | | | | | | | | | 3.48 | | | | |
| $\in_1$ | | 475 | | | | | | | | | 2.15~3.4 | | 0.83~6.21 | | | | | | 4.01 | | |
| $Z_2$ | 485 | | | | | | | | | 4.42~6.03 | | | | | | | | 2.97~3.78 | | | |

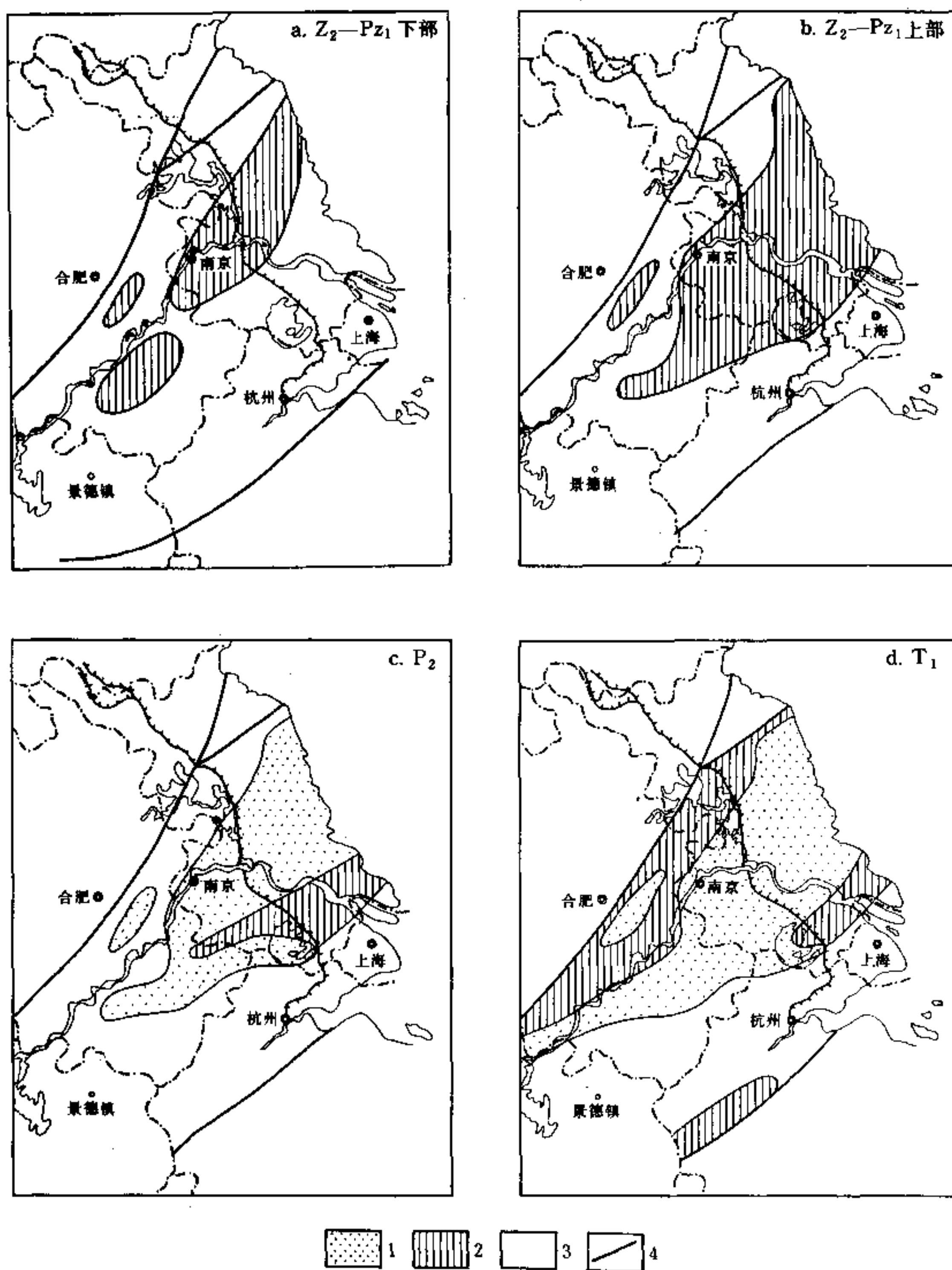



图 1-5-11　下扬子地区震旦纪—早三叠纪生油岩成熟度分区示意图

1—成熟区；2—高成熟区；3—过成熟区或剥蚀区；4—边界断层

的地区可以找到凝析油和湿气，大部分地区可以找到过成熟的甲烷气。很多地方的上古生界和三叠系还可找到原油，最好的地区在沿江台坪的中部和东部。

**四、油源对比**

本区海相中古生界还没有找到过工业油田，只发现一些古油藏和油气点，对这些点曾进行过一些油源对比，本卷初步汇总，以便对今后寻找工业油气流有所裨益。

*1.泰山古礁油藏的油源*

泰山古油田位于钱塘坳拉槽南翼，上震旦统灯影组、下寒武统荷塘组各类岩石中普遍含有焦沥青，形成多种古油藏，其中生物礁块古油藏形成于二个凹陷之间的一个凸起上，油源纵向可来自凸起本身的暗色层，横向可来自两侧凹陷，同时代的生油层由于上覆地层厚度不一，导致生油时间有差异，第一期成油于晚奥陶世末至早志留世，藻礁北侧盆地相、深陆棚相灯影组、荷塘组生油岩进入生油高峰，油源不断地供给礁前和礁格架中，这些油后来变成焦沥青，其碳同位素值 $\delta^{13}C_{PDB}=-27.28‰$。和两侧生油岩接近，说明二者是同源的。第二期成油于中志留世，这时候藻礁内部和藻礁盖层的生油岩进入生油高峰，生出的油可储存在部分礁格架孔和礁顶砂岩的孔隙中，由于这时礁体两侧凹陷中的生油岩已经过成熟，不可能供油，油源只可能来自礁内和藻礁盖层的荷塘组，采得礁顶寒武系沥青砂岩碳同位素 $\delta^{13}C_{PDB}$ 值为−28.94‰，和上覆荷塘组泥质岩碳同位素很接近，说明油源是上覆荷塘组生油岩。

*2.长兴煤山向斜龙潭组原油的油源*

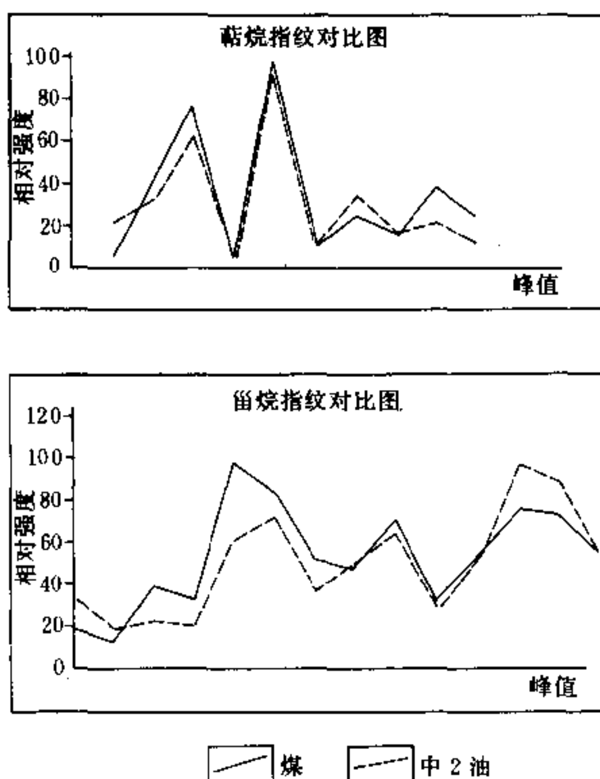



图 1-5-12 煤山向斜龙潭组中 2 砂岩原油与 C 煤层萜烷、甾烷指纹对比图

煤山向斜四亩墩、东风荞等煤矿，井下多处见龙潭组煤系地层的砂岩中有油流出，累计产油已过 600 吨，吴士清等根据有机地球化学资料，论证这些原油主要是由龙潭组本身的树皮煤和泥岩形成的，煤层作为油源的理由是煤层有液态烃渗出，并含有大量可溶有机质，氯仿抽提物可达 7%，热解分析结果有较高生油潜力和氢指数，反映煤化程度正当生油阶段，生油完全可能。气相色谱分析煤含丰富的环烷烃和异戊二烯类烷烃，植烷、姥鲛烷及降姥鲛烷都很突出，Pr／Ph、Pr／$nC_{17}$、Ph／$nC_{18}$ 均大于 1，正构烷烃峰型为单峰型，主峰碳 $C_{19}$，$C_{21+22}$／$C_{28+29}$ 为 1.5，具低碳数优势，龙潭组中 2 原油有较高的环烷烃、及类异戊二烯烷烃，正构烷烃峰型特征也与煤接近，生物标记化合物分析结果，也说明中 2 砂岩的原油很可能来自煤层。

原油除来自煤层外，还有部分来自煤系地层中的暗色泥岩，暗色泥岩

可分两类，第一类有机质含量低，干酪根属于Ⅲ型；第二类有机质含量高，干酪根属于Ⅱ型。第二类泥岩生物标记化合物的特征和东风岕-265米水平巷道中3含油砂岩类似，说明中3含油砂岩的油可能来自第二类暗色泥岩。各种地球化学分析的结果，都说明一个共同的规律，即储集层离煤层近，其所产原油就有煤层烃类特征，距暗色泥岩近，就有泥岩烃类特征，说明原油都是就近运移的（图1-5-12）。

*3.句容盆地青龙群和龙潭组原油的油源*

青龙群、龙潭组原油低蜡、高硫、低镍，具海相原油特点，油源不可能来自上覆的陆相红层，只可能来自青龙群及其以下地层。

青龙群的原油和青龙群的泥岩在地球化学成分上存在着一定的亲缘关系，原油和泥岩碳同位素都富集，Pr／Ph、Pr／n-$C_{17}$相对较高，烷烃碳数分布都呈不对称单峰形，萜烷相关曲线也很接近，因此认为青龙群的原油是青龙群的泥岩生成的（图1-5-13）。

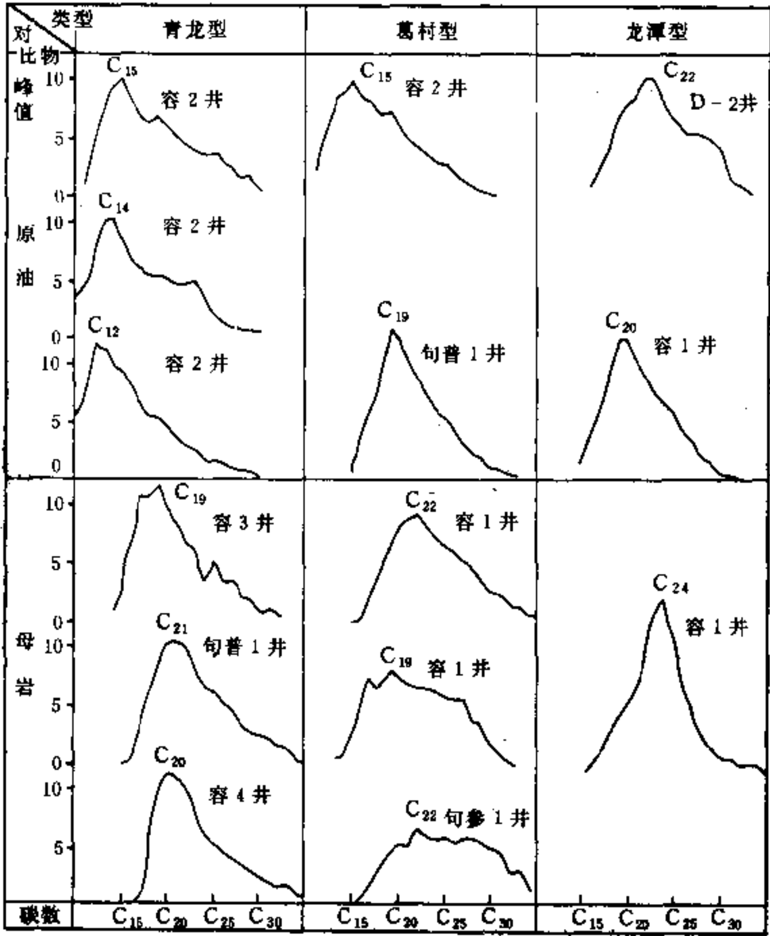



图1-5-13　句容盆地青龙群、龙潭组、葛村组原油与母岩正烷烃分布对比图

龙潭组砂岩的原油和相邻泥岩的Pr／Ph比均小于1，轻重烃比值（$C_{21}^{-}$／$C_{22}^{+}$）低，烷烃碳数分布特征都成似对称单峰型，萜烷相关曲线对比也较接近，因此，同样可以认为龙潭组的原油是龙潭组的泥岩生成的。

*4.江都—博镇古潜山寒武系石灰岩油源分析*

该古潜山带有 24 口以上的钻井钻遇古生界，真 43 井于井深 349.5～350.38 米进入寒武系中粗砂屑细粉晶白云岩，试油第一天抽出总液量 20.65 立方米（油 4 立方米），以后逐日减少，所产原油与该地区三垛、戴南组原油地球化学特征一致，应为同一油源，高蜡含量表明其母岩为陆源有机质成因，即生油层是阜宁组的暗色泥岩。

5.句容盆地下白垩统葛村组原油的油源

句容盆地青龙群之上普遍为下白垩统葛村组红层不整合覆盖，葛村组中多处见油显示，容 2 井产原油 1.2 吨，经多项地球化学分析，其指标与青龙型原油相似，说明属于次生类型，主要由青龙组运移过来的。

不同地区、不同层位的油源对比结果说明：

1）震旦纪—早古生代古油藏的油源，主要来自下寒武统荷塘组的暗色泥岩，也可来自晚震旦世和寒武纪的其他暗色碳酸盐岩，这些油源岩生出的油经过较长距离的运移；

2）上泥盆统—中三叠统流油点的油大都是就近运移来的，运移距离比较短。

3）中新生代陆相地层生的油可以运移到孔渗条件较好的古生代海相地层中去，要找新生古储的油藏离生油母岩愈近愈好。

4）中新生代盆地沉积以前，大部分地区二叠系、三叠系生油岩还没有成熟，中新生代盆地形成后，这些生油岩会产生二次生油，并运移到印支面以上的地层中去，这是下扬子地区很值得注意的一个找油对象。

## 第五节 储 集 层

### 一、储集层类型和常规物性

本区储集层岩性可分碎屑岩、碳酸盐岩两类，两类储集层厚度都很大，沉积类型很多，平面上变化较快（表 1-5-13）。

碎屑岩储集层主要产于上震旦统、上奥陶统、志留系、泥盆系、下石炭统、上二叠统，多为三角洲和滨岸沙、滩坝砂体，粒度一般较粗，杂基含量少，分选性较好，沉积厚度较大，是有利的油气储集体，最主要的储集空间是粒间孔。上奥陶统的碎屑岩多为浊积砂体，单层厚度小，岩性细，分选性差，含泥质高，难以做为良好的储集层。

碳酸盐岩储集层主要产于上震旦统、寒武系、中下奥陶统、上石炭统、下二叠统下部、上二叠统上部、中下三叠统。上震旦统、下奥陶统、下三叠统，主要是生物礁、滩相沉积，原生孔隙类型有粒间孔、鸟眼孔、生物体腔孔、遮蔽孔、藻架孔等。

各类原生孔隙普遍受到成岩后生作用的强烈改造，其结果造成中、古生代海相地层区域性的低孔、低渗，原生孔隙很稀少，具有现实意义的储集性能取决于经过成岩后生作用改造而形成的新的孔隙结构和后期改造的裂隙系统。

### 二、孔隙结构特征

从表 1-5-14、1-5-15 可以看出，无论是碎屑岩储集层还是碳酸盐岩储集层，常规方法实测的孔隙度、渗透率都很低，除个别外，碎屑岩平均孔隙度小于 10%，渗透率小于 $1\times10^{-3}$ 二次方微米，碳酸盐岩孔隙度小于 5%，渗透率小于 $3\times10^{-3}$ 二次方微米，属于差的储集层或非储集层，大多数层位只能做天然气储集层，储油很困难，只有少数层位经过增产措施可能产油。

为了研究储集层物性变差的原因，找出不同层序，不同岩性物性相对变好的场所，本卷

表 1-5-13 下扬子地区储集层沉积类型表

| 时代 | | 滁河台陷 | 沿江台坪 | 沪杭过渡带 | 钱塘拗拉槽 |
|---|---|---|---|---|---|
| 三叠系 | 下统 | | 台地前缘浅滩石灰岩 40～80m | 台地前缘浅滩石灰岩 160m | |
| 二叠系 | 上统 | | 三角洲砂体 60～90m | 三角洲砂 100m | 河流三角洲砂 |
| | 下统 | | 生物礁滩灰岩 10～150m | 生物礁滩灰岩 10～60m | |
| 石炭系 | 上统 | | 生物礁、滩、白云岩 80m | 白云岩 | 白云岩 |
| | 下统 | | 潮间滩砂 120m | | |
| 泥盆系 | 上统 | 滨岸砂 | 滨岸砂 100m | 滨岸砂 100m | 滨岸砂 300m |
| 志留系 | 上统 | | 滨岸砂三角洲砂 100m | 滨岸三角洲砂 1500m | 滨岸砂、三角洲砂 800m |
| | 中统 | | 滨岸砂 200m | 滨岸砂 50m | 滨岸砂 500m |
| | 下统 | | | 滨岸砂 50m | 滨岸砂 250m |
| 奥陶系 | 上统 | 浊流砂 | | 浊流砂 200m | 滨岸砂、浊流砂生物礁 1000m |
| | 中统 | | 水下收缩裂纹灰岩 | 生物屑灰岩 | 水下收缩裂纹灰岩 |
| | 下统 | 交代白云岩、生物砾屑灰岩 200m | 亮晶灰岩、颗粒灰岩、藻丘 170m | 结晶白云岩、亮晶砂屑灰岩、角砾灰岩 200m | 硅质岩 30m |
| 寒武系 | 上统 | 交代白云岩 360m | 交代白云岩 350m | 白云岩 265m | 石灰岩、角砾灰岩 30m |
| | 中统 | | 白云岩、白云岩化灰岩 160m | 石灰岩 | 石灰岩 |
| | 下统 | | 交代白云岩 60m | 交代白云岩 170m | 白云质灰岩、砂岩 30m |
| 震旦系 | 上统 | 颗粒白云岩、藻白云岩石英砂岩等＞400m | 颗粒白云岩、藻白云岩等＞170m | 藻白云岩 | 藻白云岩、颗粒白云岩石英砂岩＞260m |

汇集了毛细孔隙结构曲线近 60 条，其中碎屑岩 10 余条，碳酸盐岩 40 条，主要取于上古生界—中三叠统，少部分取于上震旦统—奥陶系，毛细孔隙结构特征，基本参数和典型曲线特征见图 1-5-14、表 1-5-16（篇幅所限，表中只选择资料较全的几条）。

## 表 1-5-14 砂岩常规物性统计表

| 地区 | 物性 \ 层位 / 样别 | T | $P_2^1$ | | $P_1^2$ | | $C_2$ | | $C_1$ | | $D_3$ | | S | | O | | Z | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 |
| 皖南 | 孔隙度(%) | 13.7~16.9 | 4~10 | 4.82~3.59 | | | | | | | 4.82 | | 5.24~10.5 | | | | | |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | <2 | | | | | | | | 0.9 | | 0.35 | | | | | |
| 宁镇 | 孔隙度(%) | 6 | 2.7~11.08 | 9.71 | | | | | | 3.58 | | | | | | | | |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | <0.3 | 0.149~0.725 | 1.81 | | | | | | 27.74 | | | | | | | | |
| 句容 | 孔隙度(%) | | | 2.23~15 | | | | | | | | | | 1.5~2.0 | | | | |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | | <1 | | | | | | | | | | 0.5~27.4 | | | | |
| 苏南东 | 孔隙度(%) | | | 3.75 | | 2.5 | 9.57 | | 4.09 | | | 0.75 | | 0.96 | | 1.66 | | |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | | 0.96 | | 0.49 | 6.93 | | 7.03 | | | 0.11 | | 0.15 | | 0.05 | | |
| 长广 | 孔隙度(%) | | | | 4.6 | 7.99 | | 14.5 | 5.39 | 4.28 | 3.0 | 6.19 | | 20.41 | 1.19 | 0.27 | | |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | | | <2 | 6.54 | | 2.26 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.08 | | 0.08 | <0.05 | <0.05 | | |
| 浙西 | 孔隙度(%) | | 5.0 | | 8.7 | | | | | | 0.9 | | 5.42 | 1.74 | 4.7 | 3.27 | 4.17 | 0.31 |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | 3.9 | | 3.1 | | | | | | <0.05 | | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 2.65 | 0.12 |

表 1-5-15　碳酸盐岩常规物性统计表

| 地区 | 物性　　样别　　层位 | $T_t$ | | $P_2$ | | $P_1$ | | $C_2$ | | $O_3$ | | $O_{1-2}$ | | ∈ | | $Z_2$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 | 地表 | 井下 |
| 无为巢县 | 孔隙度(%) | | <1 | 0.99 | | 1.12 | | 0.57 2.9 | | | | 0.67～1.31 | | 0.27～9.74 | | | |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | <0.1 | 0.08 | | 0.17 | | 0.1～0.48 | | | | 0.14～0.47 | | 0.18～0.78 | | | |
| 句容苏北 | 孔隙度(%) | | 0.2～1.7 | | | | 1.46～5.67 | | | | | | | | | | |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | <0.1～2.89 | | | | <1 | | | | | | | | | | |
| 苏南东部 | 孔隙度(%) | 2.21 | 3.45 | | 0.76 | 0.57 | | 0.49 1.04 | | | | | 1.91 | | 0.2 | | |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | 0.58 | 2.76 | | 3.02 | 0.17 | | 0.12 0.99 | | | | | 0.15 | | 0.12 | | |
| 长广 | 孔隙度(%) | 0.24 | 0.24 | 0.18 | 0.19 | 0.56 | 1.03 | 0.36 | | | | | | | 2.05 | | 0.36 |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | 0.05 | 0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | 0.05 | | | | | | | <0.05 | | 0.13 |
| 浙西 | 孔隙度(%) | | | | | 0.88 | | 0.34 | 1.87 | 0.33 | | 0.62 | −0.98 | 0.46 | −1.17 | 1.18 | |
| | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | | | | <0.05 | | 0.06 | <0.05 | <0.07 | | <0.05 | −0.07 | 0.05 | −2.11 | 0.052 | |

表 1-5-16　下扬子地区取样层位部分毛细结构参数汇总表

| 样品号 | 地层 | 岩石名称 | 有效孔隙度(%) | 计算渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | SWi(%) | $\gamma 50(\mu)$ | Pc50($kg/cm^2$)① | 毛细压力曲线特征 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 分选性 | 歪度 | 毛细定向类型 |
| 1 | 青龙群 | 泥晶杂质（泥硅）灰岩 | 0.16 | $9.4\times10^{-5}$ | 86.7 | 0.040 | 190 | 差 | 细 | 混合型 |
| 2 | | 含生物泥灰云岩 | 0.13 | $6.18\times10^{-5}$ | 83.0 | 0.082 | 98 | | | 晶间缝裂隙型 |
| 3 | | 含灰质细晶云岩 | 14.49 | 16.92 | 0 | | | | | |
| 4 | | 含泥质粉砂岩 | 249～5.95 | $6.2\times10^{-5}\sim2.6\times10^{-4}$ | 92～95 | 读不出 | 读不出 | 差 | 细 | 孔隙型 |
| 5 | 长兴组 | 生物碎屑泥晶灰岩 | 0.2 | $5.07\times10^{-4}$ | 64.5 | 0.071 | 107 | 差 | 细 | 晶间缝裂隙型 |
| 6 | 龙潭组 | 粉砂质菱铁矿岩 | 1.08 | ＜0.05 | 100 | 0.007 | 1138 | 好 | 细 | 孔隙型 |
| 7 | | 含钙石英岩屑细砂岩 | 4.4 | $5.4\times10^{-3}$ | 63.6 | 0.054 | 140 | 差 | 细 | 孔隙喉道充填型 |
| 8 | | 长石石英细中砂岩 | 6.1～9.7 | 0.579 | 34～37 | 0.354～0.28 | 21.2～26.8 | 好 | 粗 | 孔隙型 |
| 9 | | 长石石英粗砂岩 | 9.7 | 31.99 | 22.62 | 1.13 | 6.8 | 中 | 粗 | 孔隙型 |
| 10 | 栖霞组 | 泥粉晶含灰云岩 | 0.91 | $8.7\times10^{-4}$ | 86.5 | 读不出 | 读不出 | 好 | 超细 | 混合型 |
| 11 | | 泥粉晶灰岩 | 0.35 | 0.054 | 755 | 0.038 | 200 | 好 | 细 | 晶洞缝裂隙型 |
| 12 | 船山组 | 灰白中晶白云岩 | 1.05 | $4.5\times10^{-4}$ | 87 | 0.054 | 140 | 好 | 细 | 混合型 |
| 13 | | 泥晶灰岩 | 0.6 | $7.04\times10^{-3}$ | 70.5 | 0.063 | 120 | 好 | 细 | 晶间缝裂隙型 |
| 14 | 黄龙组 | 生物粉晶灰岩 | 0.22 | $4.37\times10^{-4}$ | 47.5 | 0.089 | 84 | 差 | 细 | 晶间缝裂隙型 |
| 15 | 仑山组 | 角砾状灰岩 | 0.60 | $7.04\times10^{-3}$ | 37 | 0.125 | 59.8 | 好 | 偏粗 | 混合型 |
| 16 | | 泥粉晶灰岩 | 0.51 | 0.2083 | 657 | 0.039 | 192 | 差 | 细 | 晶间缝裂隙型 |
| 17 | 杨柳岗组 | 含硅质结核灰岩 | 0.48 | $2.0\times10^{-7}$ | 60.4 | 读不出 | 读不出 | 好 | 细 | 晶间缝裂隙型 |
| 18 | | 粉晶灰岩 | 0.55 | $3.0\times10^{-4}$ | 25 | 0.16 | 47 | 差 | 细 | 晶间缝裂隙型 |
| 19 | 大陈岭组 | 粉晶灰岩 | 0.32 | $3.64\times10^{-5}$ | 71.9 | 读不出 | 读不出 | 好 | 细 | 晶间缝裂隙型 |
| 20 | | 含陆屑泥晶灰云岩 | 0.14～0.6 | $2.9\times10^{-9}\sim6.8\times10^{-3\sim-5}$ | 75～100 | 读不出 | 读不出 | 好 | 细 | 晶间缝裂隙型 |
| 21 | 荷塘组 | 粉晶含炭质灰岩 | 0.41～0.26 | $1.27\times10^{-4}$ | 49～68 | 0.081～0.104 | 93～72 | 差 | 偏粗 | 晶间缝裂隙型 |
| 22 | | 粉晶灰岩 | 0.99 | $1.07\times10^{-3}$ | 61.5 | 0.082 | 91 | 好 | 偏粗 | 混合型 |
| 23 | 西峰寺组 | 粉晶白云岩 | 0.46 | 0.2316 | 3–38 | 7.5 | 1 | 好 | 粗 | 晶洞缝裂隙型 |
| 24 | | 含陆屑球粒云岩 | 0.25 | $2.65\times10^{-4}$ | 87 | 0.082 | 92 | 好 | 细 | 晶洞缝裂隙型 |

①此处沿用老资料，$1kg/cm^2=9.80665\times10^4Pa$。

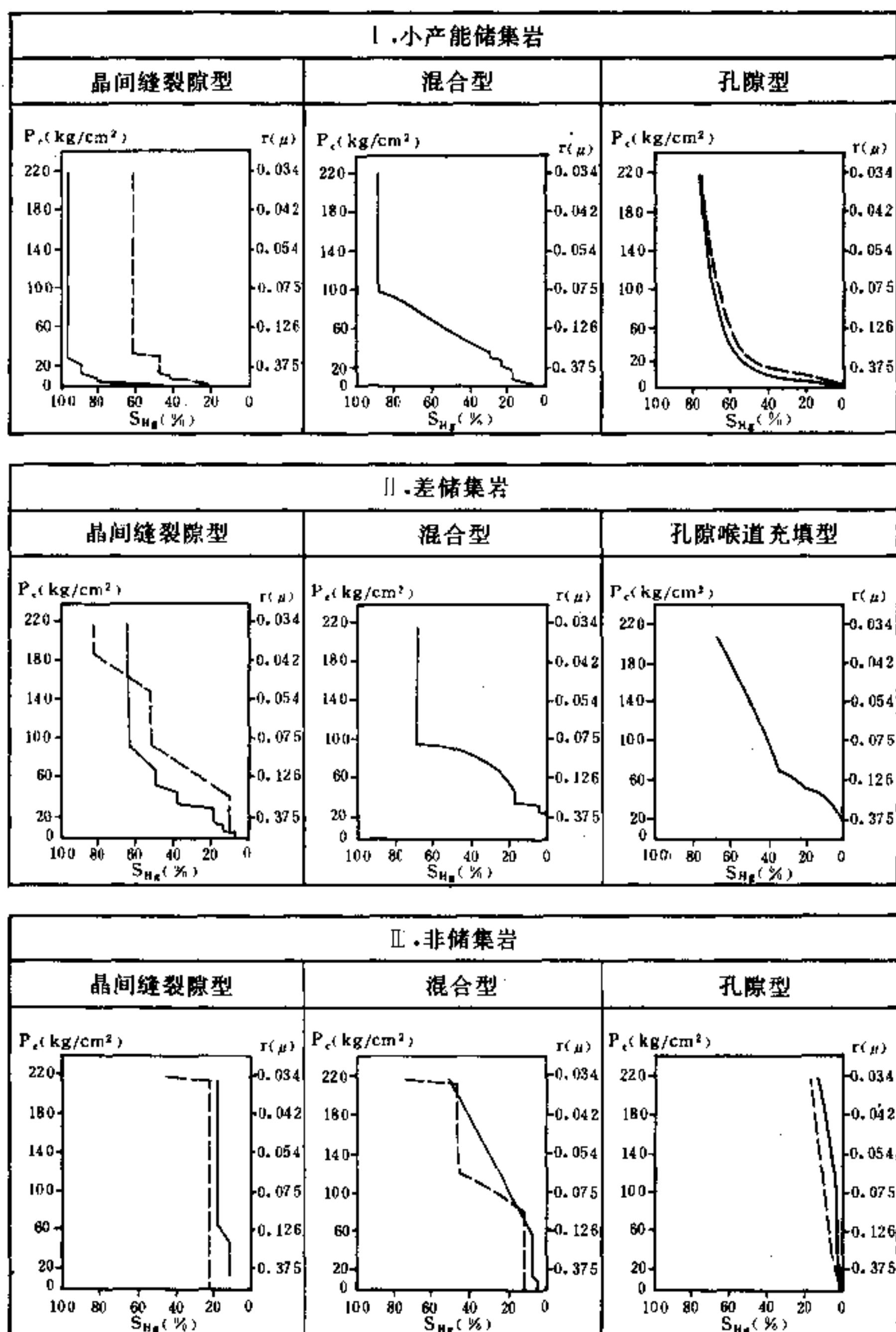



图 1-5-14 孔隙结构曲线图

孔隙结构变化特征主要反映在以下两个方面:

第一，碳酸盐岩储集层毛细孔隙结构样采于上震旦统—下三叠统各个层位，岩性较细，成岩白云岩化较弱，粒屑含量低的碳酸盐岩，孔隙度一般在0.5%左右，气测渗透率大多小于 $0.05\times10^{-3}$ 二次方微米，计算渗透率小于 $0.25\times10^{-3}$ 二次方微米，76%的岩样毛细束缚水体积百分含量（$S_{wi}$）在60%以上，主要属于差储集层和非储集层；其中孔渗较高，$S_{wi}$ 值较低的几个岩样都受压溶缝或裂隙发育程度所控制，非均质现象非常明显。也有几块样品毛细结构参数相应变好，如栖霞组生物碎屑中粗晶灰岩，下奥陶统角砾状灰岩，计算渗透率大

于 $0.1\times10^{-3}$ 二次方微米，毛细束缚水体积小于 60%，这些碳酸盐岩原始沉积能量较高，经成岩作用孔隙充填后，仍有较好的物性。

根据 $S_{wi}$ 值分析，浙江青龙群和下奥陶统碳酸盐岩储集层条件较好，青龙群平均 $S_{wi}$ 值 55.4%，最低为 8.8%，中下奥陶统平均为 55.2%，最低为 33.2%；栖霞组和灯影组 $S_{wi}$ 值变化大，栖霞组灰岩最低值为 15%，最高为 92.5%；灯影组最低为 2.6%，最高为 94.7%。今大陈岭组岩性单一，平均 $S_{wi}$ 值高达 85.1%，显然属于非储集层。

在镇江大力山地区和苏南东部对青龙群进行过碳酸盐岩毛细孔隙结构测定，有的样品孔隙度和渗透率都较高，如苏南东部的一个含灰质细晶白云岩样测得孔隙度为 14.9%，渗透率 $16.9\times10^{-3}$ 二次方微米，$S_{wi}$ 值为 0，是一种较好的渗透层；镇江大力山青龙群的蠕虫状灰岩和鲕粒灰岩也不错，毛细喉道半径小于 0.1070 微米，$S_{wi}$ 值仅为 20%，$H_{50}$ 为 104.4 米，属于小产能一差的储集岩。

第二，有六个砂岩毛细孔隙结构样采于浙北煤山地区，中粗砂岩有效孔隙度为 6.14～9.7%，渗透率 $1.34\times10^{-3}$～$31.99\times10^{-3}$ 二次方微米，$S_{wi}$ 值当 $\gamma\leqslant0.1$ 微米时，有的样仅为 37.3%；细砂岩有效孔隙度 4.4%，渗透率 $0.205\times10^{-3}$ 二次方微米，$S_{wi}$ 值为 63.8%；从以上数据分析，粗颗粒碎屑岩的物性比细的好，究其原因，主要是粒度细的岩石原始喉道直径较小，经成岩后生作用，喉道细的岩石容易遭到堵塞，形成大量压力传递无效储集空间。

**三、成岩后生作用对储集层的影响**

成岩后生作用严重影响储集层物性，一般来说不同沉积环境导致产生不同的成岩环境变化序列，由于本区工作做得不多，无法进行系统总结，举余杭泰山和长兴煤山的例子充做代表。

*1.泰山古油田的成岩后生作用*❶

泰山古油田含焦沥青的岩层包括震旦系、寒武系的碳酸盐岩和陆源碎屑岩，由于岩石形成时代古老，因此发生了强烈的成岩后生作用并使孔隙结构几度改造。

(1) 藻礁碳酸盐岩的成岩后生作用　藻礁碳酸盐岩孔隙和裂隙可分次生溶蚀粒间孔、粒内孔、晶间孔、溶洞孔、藻架微孔，压溶缝合线、构造破坏缝等，根据薄片，光片观察，原始孔隙度很高，孔隙中常含碳沥青，碳沥青产状基本上反映了当时的孔隙形态和油气储集概况，初步统计碳酸盐岩储集层进油时面孔率平均为 5.8%，局部富集时可达 22%。经长期的成岩和变质作用，目前孔隙度已降低到不足 1%，渗透率小于 $0.05\times10^{-3}$ 二次方微米，孔隙变化大致可分六个阶段，即准同生期白云岩化、新生变形微晶化、表生期溶蚀、充填重结晶产生晶间隙、再溶蚀对孔隙扩大改造和热液变质作用使孔隙度明显降低。

(2) 砂岩的成岩后生作用：泰山古油田的含焦沥青砂岩主要有两套：一套位于上震旦统灯影组中上部，是比较净纯的石英砂岩，另一套位于下寒武统荷塘组底部，主要为云质或灰质石英砂岩，现今孔隙度都普遍低于 5%。石英砂岩原始孔隙很高，进油期间面孔率可达 15%，其成岩后生作用主要表现为压实作用和胶结作用，压实作用导致孔隙缩小，胶结作用发生石英次生加大。云质或灰质砂岩成岩序列和碳酸盐岩类似，溶蚀对孔隙的建设起到很大的作用，物性变差的主要原因是充填作用和固化期的重结晶。

*2.煤山向斜龙潭组砂岩储集层的成岩作用、孔隙演化*

煤山向斜龙潭组共有 18 层砂岩，可分上、中、下三部分，用深度／孔隙度图推断出龙

❶徐克定，1985，余杭泰山古油藏。

潭组主要砂岩储集层油前❶孔隙度和渗透率，中—粗粒砂岩油前平均孔隙度14.47%，平均渗透率$150\times10^{-3}$二次方微米，现今孔隙度为8.47%，现今渗透率有41%的样品大于$1\times10^{-3}$二次方微米；细粒砂岩进油前平均孔隙度11.5%，平均渗透率$15\times10^{-3}$二次方微米，现今孔隙度5.5%。据朱国华等研究，这些储集层都经历了始成岩期至中成岩成熟晚期的成岩作用，其中压实、压嵌型极低渗砂岩形成于三角洲平原、泛滥平原和前三角洲环境，水动力较弱，基质含量高，沉积物迅速被压实，砂粒接触部位发生压溶、嵌合现象，导致孔隙大量损坏；压嵌加大型形成于三角洲平原河道和三角洲前缘环境，水动力较强、杂基少，原始孔隙良好，由于缺少柔性组分的缓冲，压溶作用强烈，导致石英颗粒强烈再生长，使孔隙度明显下降；碳酸盐胶结交代型形成于三角洲平原河道环境、水动力强的富氧环境，杂基含量低、粒度粗、具良好的原始孔隙结构，但由于成熟期大量碳酸盐析出，堵塞了孔隙，使孔隙度大大降低；渗透性型形成于三角洲平原河道沉积，水动力强。杂基少，粒度较粗，原始孔隙结构好，由于沉积物中缺少可塑性组分，机械压实作用影响较小，由于原始孔隙大，加上石英强烈再生长，加固了颗粒骨架强度，增大了抗压溶能力，使砂岩储集层保留了较多孔隙空间，并为地下酸性孔隙水对砂岩中的长石类矿物溶蚀创造了条件，增加了一些溶孔，提高了孔隙度。

不同成岩阶段的孔隙演变情况参见表1—5—17。

**表1—5—17　煤山盆地龙潭组砂岩孔隙演变情况表**

| 储集层类型 / 作用 / 成岩期 | 压实压嵌极低渗型 | | 压嵌加大极低渗型 | | 碳酸盐交代特低渗型 | | 渗透性型 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 作用 | 孔隙度(%) | 作用 | 孔隙度(%) | 作用 | 孔隙度(%) | 作用 | 孔隙度(%) |
| 始成岩期 | 微晶菱铁矿析出 | >31.0 | 微晶菱铁矿析出 | >33.7 | 微晶菱铁矿析出 | >33.6 | 未形成自生矿物 | >35 |
| 中成岩未成熟至成熟早期 | 压实压溶 | >13.22 | 压实压溶 | >19.09 | 压实压溶 | >19.02 | 压实压溶 | >23.72 |
| 中成岩二次成熟期至成熟早期 | 铁方解石析出，石英再生长 | >8.82 | 铁方解石析出，石英再生长 | >11.49 | 铁方解石析出结晶菱铁矿析出 | >8.22 | 石英再生长(铁)方解石析出 | >15.42 |
| 中成岩成熟早期(油气进入前) | 长石等溶蚀 | >8.86 | 长石等溶蚀 | >11.80 | | | 长石等溶蚀 | >16.2 |
| 中成岩成熟晚期以来 | 继续压溶和少量自生矿物析出 | >2.86 | 继续压溶少量自生矿物析出 | >5.8 | 继续压溶少量碳酸盐析出 | >2.22 | 继续压溶和少量自生矿物析出 | >10.2 |

通过对几个点成岩后生作用的初步分析，认为：

❶指原油进入储集层之前的孔隙度、渗透率。

1）中古生代在高能环境沉积的碳酸盐岩和砂岩均有较好的物性条件，目前这种低孔、低渗面貌，反映了成岩作用对沉积岩原始成分和结构的强烈改造；

2）埋藏成岩作用是导致中古生界成为区域性低孔、低渗的基本地质营力；埋藏深的地层往往很难有好的物性条件；

3）在同样的埋藏条件下，于高能环境中形成的颗粒碳酸盐岩和中粗粒石英砂岩，其物性往往比在低能环境中沉积的基质含量高的碳酸盐岩和细粒砂岩要好；

4）充填、重结晶、压实作用降低了碳酸盐岩的孔隙度；充填、压实、压溶、石英次生加大降低了碎屑岩的孔隙度，早期和晚期的溶蚀、溶滤作用能增加各类岩石的孔隙度；

5）在区域性成岩作用形成低渗储集层的背景下，要注意寻找成岩遮挡的岩性圈闭，研究成岩圈闭的形成和分布，对本区中古生界找油有重要意义。

**四、有利储集层分布区**

由于沉积环境多变，成岩后生作用的影响，原生、次生孔隙交织，加上多期构造运动造成的沉积间断、风化淋滤，断层裂隙十分发育，储集层性能变化很大，要在本区古生界找到连片好的或较好的储集层比较困难，应在区域性低孔、渗的条件下，寻找与构造作用、成岩作用、后期溶蚀有关的储集层分布区，主要有：

1）中、高能相区粗相带，上覆地层厚度较薄，成岩后生作用较弱，残留孔隙较多的地区，如：沿江台坪、钱塘拗拉槽南翼上震旦统的藻礁白云岩、颗粒白云岩和滩坝相的石英砂岩；石台、泾县一带上寒武统、下奥陶统台地和台地边缘相带的生物滩、鲕滩和生物礁灰岩；钱塘拗拉槽南西部上奥陶统的生物礁块、生物丘灰岩；志留系、泥盆系的滨岸砂体；沿江台坪上石炭统生物灰岩、鲕粒灰岩；上二叠统三角洲相中粗砂岩；沿江台坪、沪杭过渡带北部下三叠统的鲕粒灰岩、内碎屑灰岩、蠕虫状灰岩。

2）不同时代的不整合面之下，常有次生溶蚀、溶滤分布区，经后期改造，岩石物性明显变好的地区。如苏北盆地中新生界不整合面之下，进入古生界碳酸盐岩的钻井，常可发现放空漏失现象（无为 N2 井进入中奥陶统碳酸盐岩，总漏失量达 2 万多立方米，许 4 井漏失量达每小时 30～70 立方米），物性也有明显改变，如兴参 1 井不整合面之下 16 米处，寒武系粉晶白云岩多不规则细小溶孔，孔隙度达 22.3%，渗透率为 $431.3\times10^{-3}$ 二次方微米。地表露头区也见类似情况，如泰山古油田寒武系假整合面之下普遍有焦沥青在次生溶孔中富集。

3）构造裂隙改善储集层性能，由于本区古生界碳酸盐岩和碎屑岩具有低孔低渗的特点，构造裂缝就显得十分重要，它一方面增加了储集层的有效空间，另一方面由于其孔喉半径相对较大，在油气运移、聚集中起了主要作用，因此在评价碳酸盐岩的储集性能时，以裂隙系统为单元进行评价非常重要，如句容盆地有二口井见工业油流，油气储集主要在裂缝中，是一个属于与逆冲断层有关的裂隙性油藏；裂隙系统对碎屑岩的储集性能也有很大改善，如长兴煤山龙潭组砂岩物性较差，不少砂岩有油不能流，附近有裂缝，油就流出来了。

影响构造裂隙发育的因素很多，主要是岩性与构造作用，有张裂隙产生的岩石往往形成好的储集层，软硬岩层相间的薄互层往往与相似褶皱伴生形成层间裂隙，也能成为好的储集层，构造裂隙连通次生溶缝、溶孔、溶洞往往成碳酸盐岩的最好储集空间，石英次生加大后较大残余原生孔和次生裂隙混合型储集层，是碎屑岩最有利的储集类型。

# 第六节 生储盖组合和保存、圈闭条件

## 一、生储盖组合

据本区上震旦统至中三叠统生油层、储集层、盖层的纵向分布，四个构造单元大体可分四类不同的生储盖组合，其横向上的界线是过渡的（图 1–5–15、图 1–5–16）。

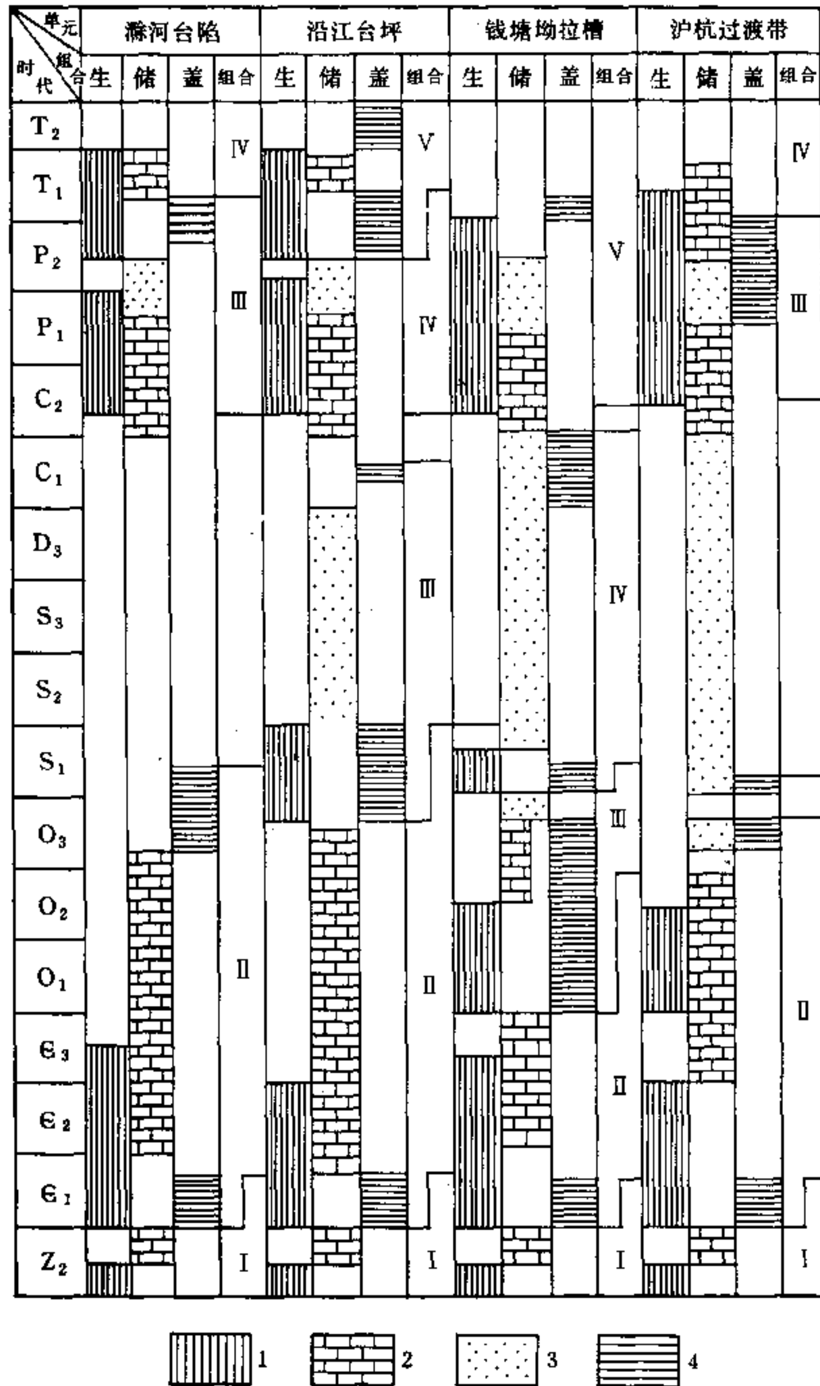



图 1–5–15 下扬子地区生储盖组合柱状图

1—生油层；2—碳酸盐岩储集层；3—碎屑岩储集层；4—盖层

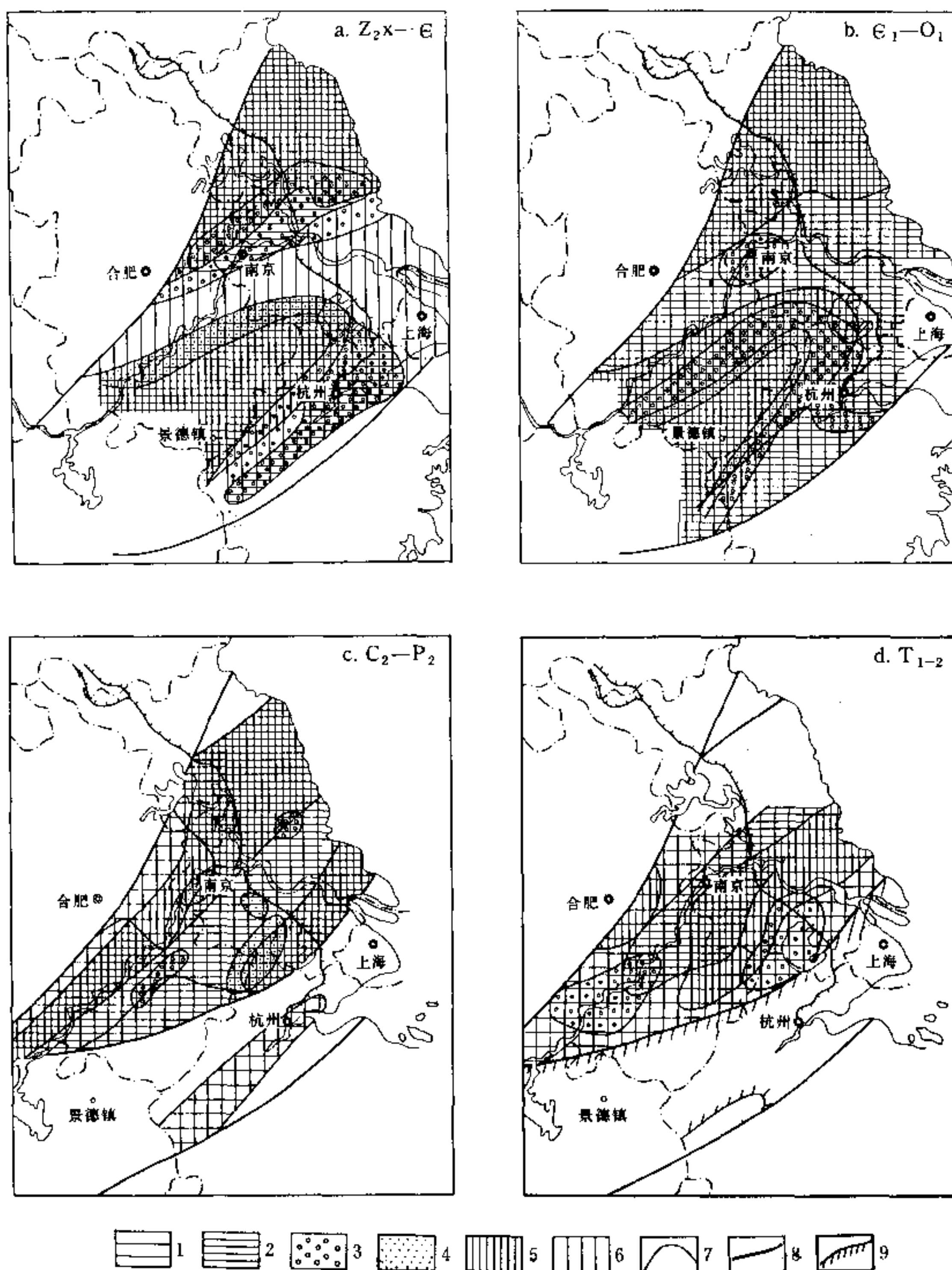



图 1-5-16　下扬子地区生储组合平面图

1—生油较有利区；2—生油有利区；3—碳酸盐岩储集层有利区；4—碎屑岩储集层有利区；5—盖层有利区；6—盖层较有利区；7—生储盖分区线；8—分界断层；9—剥蚀区边界

滁河台陷可分四个组合，上震旦统—志留系的两个组合生油、盖层条件较好，唯独缺少高能相沉积，储集层差；石炭系—三叠系也可分两个组合，生油条件较好，储集层以碳酸盐岩为主，不是很理想，盖层差。

沿江台坪震旦系—下石炭统可分三个组合，Ⅰ、Ⅱ两个组合处在高能相带，生油条件较差，但多高能碳酸盐岩，储集层条件好；第Ⅲ组合上奥陶统—下志留统泥岩生油，志留、泥盆系砂岩储油，下石炭统泥岩做盖层，生油岩厚度较大，丰度不高，储集层厚，盖层较薄，组合不够理想。上石炭统—中三叠统可分Ⅳ、Ⅴ两个组合，生储条件和滁河台陷相似，但有较好的盖层条件，是整个下扬子区最值得注意的找油找气组合（图1-5-18）。

钱塘拗拉槽上震旦统—下寒武统为第Ⅰ生储盖组合，上震旦统和下寒武统生油条件甚好，晚震旦世盆地相周缘发育礁、滩相沉积，下寒武统泥岩做盖层，是一个很好的生储盖组合，本组合中已发现了多个富含焦沥青的古油藏。第Ⅱ组合以巨厚的中下奥陶统泥页岩做为盖层，寒武系碳酸盐岩做储集层，下寒武统荷塘组做生油层，生油条件、盖层条件甚好，但多为低能环境沉积的微晶、泥晶碳酸盐岩，储集层条件不好。第Ⅲ组合以中下奥陶统泥质岩做生油层，上奥陶统有三种储集岩，江山、常山、玉山一带为珊瑚礁、生物丘，有较好储集条件；上海—马金断裂以南为陆棚浊积相和海岸砂岩，也可成为储集层；上海—马金断裂和江南断裂之间为深盆浊积岩，砂岩颗粒较细，是否可以做为储集层，尚待进一步研究；下志留统的泥岩和粉砂质泥岩做盖层，北部厚度大，南部厚度小，从组合总面貌来看局部比较好。Ⅳ、Ⅴ两个组合，大体和沿江台坪Ⅲ、Ⅳ两个组合相当，Ⅴ组合的孤峰组、龙潭组都有生油条件，并多砂岩储集层，有的地方已见砂岩含油，下二叠统的泥岩、泥质灰岩可做盖层，本来比较理想，但由于后期遭受破坏严重，保存条件较差（图1-5-17）。

沪杭过渡带生储盖组合条件基本和滁河台陷类似，唯Ⅰ、Ⅱ两个组合厚度较小，生油条件较差。第Ⅲ组合在苏、浙、皖三省边境地带龙潭组为三角洲相沉积，有较好储集条件，多处发现油流点，是比较理想的一个组合；第Ⅳ组合也和滁河台陷一样，缺少盖层，如有中新生代盆地覆盖，也可成为一个较好的组合。

总之，全区最好的生储盖组合是上震旦统—下寒武统、上石炭统—下三叠统底部的两个组合。四个单元以沿江台坪生储盖组合配置条件较理想，其中上二叠统—中三叠统的第Ⅴ组合最值得重视。

**二、保存条件分析**

下扬子地区不同构造单元，影响保存条件的构造、岩浆活动、生储盖组合的剥蚀程度、成岩后生和变质作用等因素有很大差异，如何在保存条件较差的情况下，找出保存条件较好的地区、率先进行勘探，是尽早找到工业油气藏的主要课题。

*1.盖层分析*

（1）区域性盖层　区域性盖层主要有三套，都是泥岩、页岩：

1）下寒武统荷塘组泥质岩是广泛海进期泥岩、沥青质泥岩，是一套全区广布的区域性盖层，除江山、衢县、杭州、余杭、海宁一带外，厚度都大于30米，盖层形成时间早于油气生成运移期。

2）上奥陶统—下志留统五峰组—高家边组的泥质岩，是早古生代盆地收缩期的泥质岩，岩相、厚度变化很大，沿江台坪一带是收缩盆地的沉积中心，泥岩连续厚度达1000余米，向两侧岩性变粗，砂、泥岩交互，泥岩累积厚度较大，单层厚度较小；更南至钱塘拗拉槽南翼，下志留统几乎没有可供做盖层的泥岩，而上奥陶统中部往往有连续厚达400米以上

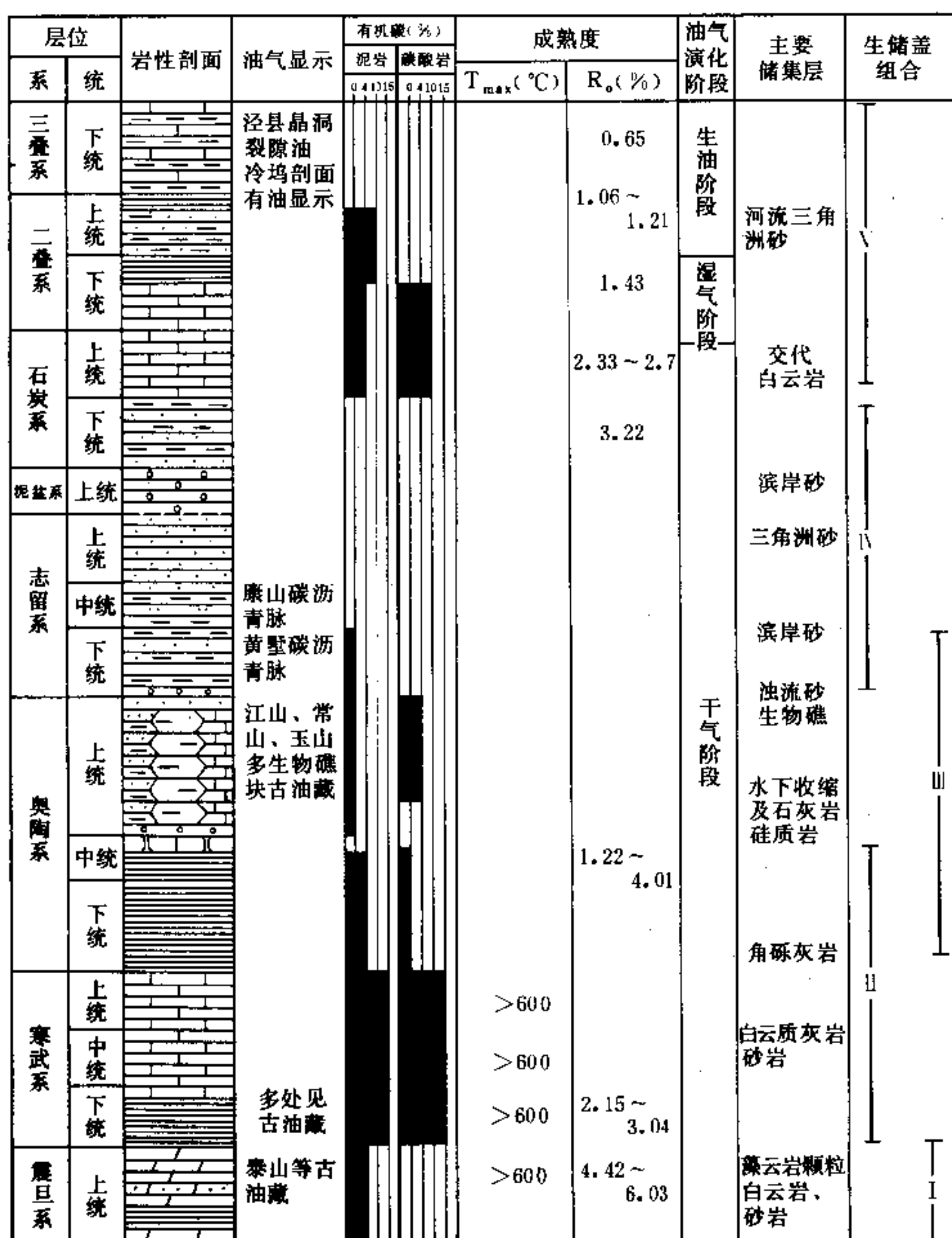



图 1-5-17 钱塘拗拉槽生储盖组合柱状图

的泥岩，总之，这一时期的泥质岩盖层，形成时间一般早于油气生成运移期，横向变化虽较大，但总有一套大厚度泥岩存在，也可算是区域性分布的优质盖层。

3）二叠系孤峰组、龙潭组的泥质岩，是晚古生代海进转向海退期的泥质岩，不少地方为三角洲相，砂、泥岩间互，连续性不好；盖层形成于主要生油层油气生成、运移之前，对栖霞组、孤峰组、龙潭组暗色泥岩生成的油有很好的保护作用，但盖层形成后，不久即发生印支运动，破坏了盖层的密封性，影响油气保存，如钱塘拗拉槽南侧的杭州开化地区除个别点外，没有发现什么重要油气显示，可能与此有关。

| 层位 | | 岩性剖面 | 油气显示 | 有机碳(%) | | 成熟度 | | 油气演化阶段 | 主要储集层 | 生储盖组合 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 系 | 统 | | | 泥岩 0 4 10 15 | 碳酸岩 0 4 10 15 | $T_{max}$(℃) | $R_o$(%) | | | |
| 三叠系 | 中统 | | 容2井、容3井 | | | 416～472 | 0.6 | | 浅滩灰岩 | V |
| 三叠系 | 下统 | | | | | 420～440 | | | | |
| 二叠系 | 上统 | | 工业油流 东风煤矿油流 | | | 450～485 | 0.82 | 生油阶段 | 三角洲砂岩 | |
| 二叠系 | 下统 | | | | | 460～493 | 0.9～1.17 | | 生物礁滩灰岩 | IV |
| 石炭系 | 上统 | | | | | 473～485 | 1.14～1.22 | | | |
| 石炭系 | 下统 | | | | | 463 | <1.36～1.98 | | 潮间滩砂 | |
| 泥盆系 | 上统 | | 苏32井产气 | | | 485 | | 湿气阶段 | 滨岸砂 | |
| 志留系 | 上统 | | | | | 465 | | | 三角洲砂 | III |
| 志留系 | 中统 | | 金21、苏174井含油 | | | 470～500 | 1.77～2.19 | | 滨岸砂 | |
| 志留系 | 下统 | | | | | 463～495 | | | | |
| 奥陶系 | 上统 | | | | | | | | | |
| 奥陶系 | 中统 | | 真33、苏87、天深4井裂隙含油 | | | | | | 颗粒灰岩 | II |
| 奥陶系 | 下统 | | | | | 468 | 0.79～1.19 | 湿气或干气阶段 | | |
| 寒武系 | 上统 | | 许9、许20泰4井裂隙含油 | | | 441 | | | 交代白云岩 | |
| 寒武系 | 中统 | | | | | 460～500 | | | | |
| 寒武系 | 下统 | | | | | 475 | | | | |
| 震旦系 | 上统 | | 刘18井裂隙含油 | | | 485～500 | | | 藻粒白云岩 藻云岩 | I |

图 1-5-18　沿江台坪生储盖组合柱状图

(2) 局部性盖层　除了区域盖层外，不同构造单元有不同的局部性盖层，分布范围比区域性盖层要小，但对某一构造单元来说也有实际意义：

1) 沿江台坪局部性盖层主要有两套，第一套是下石炭统高骊山组的什色泥岩，厚度变化较大，在江南大断裂附近仅 10～20 米，往北可达几十米，盖层连续不好，该层之下的志留、泥盆纪砂岩储集层厚度很大，盖层沉积时，下志留统生油岩一般已进入成油门限，油气运移、聚集已发生，因此，对油气保存来说不是很理想。第二套是中三叠统的石膏层，它是

海退进一步发展的闭塞台地相沉积，地层大多保存不全，沿江台坪北侧厚度最大，石膏层最大厚度可达 300～400 米，往南厚度变小。盖层形成时二叠纪生油层已进入生油门限，石膏层对所生成的油气具有很好的封闭性。

2）钱塘坳拉槽的局部性盖层，也可分为两套，一套是中下奥陶统的泥岩、页岩，属于海盆陆棚相区沉积，厚度一般大于 100 米，形成于寒武统暗色地层油气生成、运移期以前，是这一构造单元较好的盖层。第二套是下石炭统的杂色泥岩，砂、泥岩交互，泥岩厚度几十米，是一种不连续盖层，盖层之下有大套志留纪、泥盆纪砂岩，盖层太薄，保存条件较差。

(3) 中新生代盆地覆盖的影响 中新生代盆地覆盖在海相中、古生界之上，有利的方面是可做盖层，并使上古生界—中三叠统埋深增加，由不成熟的生油岩变为成熟生油岩，可以自生自储，也可以运移至中新生代地层中去。不利的方面是覆盖厚度过大，就会导致生油岩过成熟，油气变质。

下扬子区白垩—第三系分布面积较大的盆地是苏北盆地和句容、南陵盆地，其次是桐乡、金衢等盆地。苏北盆地、句容、南陵盆地地温梯度较低，除一些深坳地区外，盆地覆盖造成热变质破坏油气的范围较小，主要起到盖层作用。而桐乡、金衢等盆地，海相中古生界原始热变质程度较高，过厚的白垩—第三系覆盖，势必更加增加生油岩的成熟度，造成油气变质，虽也能做为盖层，但破坏因素要大于有利因素。

*2.岩浆活动对油气保存的影响*

印支期以来，本区岩浆活动频繁，最强烈的活动时期为燕山中期，其活动方式，在江南隆起以北是以侵入为主，喷出为次，在江南隆起以南喷出为主，侵入为次。

江南隆起北侧，露头区岩浆岩分布面积约 9000 平方公里，其中侵入岩占 55%。喷出岩岩性自北而南由碱性火山岩变为钙碱系列安山岩—英安岩—流纹岩组合，酸度逐渐增加，侵入岩体主要分布在江南断裂以南，自北而南由混合交代型变为重熔交代型花岗岩，岩浆活动愈来愈强烈。

江南隆起及其延伸带南侧共有大小岩体 170 余个，总面积约 1800 平方公里，火山岩分布面积更大，约有 14000 平方公里。侵入岩主要分布于上海—马金断裂的北西侧，火山岩多分布在上海—马金断裂的东南侧，也属重熔型花岗岩和钙碱系列的安山岩—英安岩—流纹岩组合，据俞沛文等研究：侵入岩和火山岩都具有相似的岩类和岩类比例，相近的化学成分和岩浆演化趋势，表明为同源岩浆在不同地质环境下形成的产物，岩浆是下地壳部分熔融，混杂了少量上部地壳物质形成的。

侵入岩对油气藏发生较大的破坏，首先造成围岩强烈蚀变，据浙江 19 个岩体统计，围岩变质面积和岩体面积之比 0.22～14.28 不等，围岩蚀变的结果使岩石变质，物性变差，有机质减少，油气裂解逸散，其次岩体常沿背斜核部侵入，破坏了背斜构造的完整性和封闭性。中酸性火山岩强烈喷出，对油气保存也是不利的，只不过比侵入岩影响较小而已。

综合以上几方面条件，不同构造单元保存条件各不相同，沿江台坪生储盖组合配置好，主要目的层埋深浅，构造较平缓，三叠系连片保存，岩浆活动弱，评价为最有利地区，其中苏北盆地深坳部位的中古生界埋藏较深，油气热演化程度较高，但仍是有利地区。长江断裂带附近岩浆活动强、岩体多，条件相对较差。滁河台陷埋藏浅，油气演化程度低，火成活动弱，有利于找油找气，但构造过于复杂，剥蚀深度过大，估计除台陷的东部外，保存条件相对较差。沪杭过渡带北部下古生界埋藏较浅，构造宽缓，高家边组泥岩连片分布，下古生界油气保存条件较好；上古生界和三叠系已褶皱断裂分割成相互孤立的小块，虽然不少地方于

二叠系、三叠系发现油气，但缺乏形成大规模油气聚集的条件。沪杭过渡带南部和钱塘坳拉槽广大地区后期褶皱断裂岩浆活动破坏强烈，保存条件不好，唯江山、衢县一带埋藏较浅，又有奥陶系巨厚泥岩做盖层，可能还有找气希望。

**三、圈闭条件分析**

据地面地质和物探资料的综合分析，对海相中、古生界圈闭条件有以下认识：

1）区域性的大型坳隆呈北东东向分布，基底隆起在重磁资料上反映为区域性的大型正异常，其上往往有高能条件的粗相带分布，在斜坡地带有重力流，有利于形成岩性圈闭和地层圈闭。

2）背斜构造主要呈北东至北东东向成排成带分布，由于强烈的挤压，往往遭到强烈的破坏，使背斜复杂化。

其他还有少量北北东向的背斜圈闭和东西、北西方向的背斜圈闭，前者是北北东向走滑断层平移过程中派生出来的，规模较小；后者往往是在东西向基底构造基础上，盖层受北西向构造力作用下派生出来的，规模较大。

3）逆掩推覆体发育，其结果改造了原有的各种圈闭，并形成了与逆掩断层有关的各类圈闭，打开了找油找气的眼界，在有些找油禁地之下，很可能存在待开发的有利区。

4）燕山晚期和喜山期发生了强烈的拉张，形成了一系列中新生代凹陷，其结果使一部分圈闭（或油藏）遭受强烈改造，造成新老地层的广泛接触，形成不同类型的断层圈闭，或岩性—断层圈闭，使油气重新分配，出现一些新生古储、古生新储、古生古储的油气圈闭。

5）由于存在多重滑移面，地表构造和地下构造存在严重的不符，最明显的是上古生界和下古生界构造不一致，上古生界构造复杂，下古生界构造相对平缓；柔性层和刚性层构造不一致，柔性层构造复杂，刚性层相对平缓。因此，地下是否有圈闭，不能单凭地表现象，要多根据地震勘探资料分析。

6）初步统计本区地面背斜有257个，由于滁河台陷向南、江南隆起向北，江南隆起向南、华南褶皱系向北形成两个对冲带，对冲带的边缘构造破坏强烈，保存条件不好，对冲带的核部受力较弱，背斜保存条件较好，如沿江台坪、沪杭过渡带的北部，应特别注意寻找大型构造圈闭。

## 第七节　小　　结

下扬子地区海相中古生界面积接近十九万平方公里，沉积累计厚度4000～10000米，是除四川盆地之外，中国东部海相中古生界石油、天然气资源远景最大的地区，是苏浙皖闽油气区内部，除苏北盆地第三系之外的找油找气最有远景的区块。

震旦纪—中三叠世地质历史发展主要可划分为两个阶段：震旦纪—志留纪准地台发展阶段，晚泥盆世—中三叠世地台发展阶段，形成上、下两套含油气组合，下组合资源以气为主，上组合资源以油为主。下组合进一步又可划分2～3套生储盖组合，主力生油层是寒武系的泥质岩和碳酸盐岩；上组合也可划分2～3套生储盖组合，主力生油层是二叠系的泥质岩和碳酸盐岩。

准地台发展阶段本区形成二坳一台一过渡带的构造格局，加里东运动后，钱塘坳拉槽中心抬起，江南隆起形成，到地台发展阶段本区形成北东走向的三凹二凸的构造格局。不同构造发展阶段生油条件最好的都在坳陷或凹陷部位，储集层条件最好的在台地、凸起或斜坡

带。生储盖组合配置最好的地区在台地和坳陷、凸起和凹陷邻接的斜坡地带。

印支运动后本区进入大陆边缘活动带发展阶段，强烈的褶皱、断裂、火成活动使已形成的油气藏遭到破坏、改造，油气再次聚集，因此保存条件成为能否在海相中古生界找到工业性油气藏的关键问题，相比较而言，沿江台坪生油层埋藏浅，构造较平缓，三叠系连片保存，岩浆活动弱，是保存条件最好的构造单元，其次是沪杭过渡带的北部。

综合生、储、盖、运、聚，保六个方面的条件，分震旦系—志留系，泥盆系—中三叠统两大组合对二级构造单元做初步的定性评价，凡上、下两个组合找油找气都有利的地区定为Ⅰ$_1$区；下组合找气有利，上组合找油较有利地区定为Ⅰ$_2$类区；上、下组合找油气较有利区定为Ⅱ类区；下组合有可能找到天然气的地区定为Ⅲ类区；推覆体之下推测找油找气有可能的地区定为Ⅳ类区，具体见图1—5—19、表1—5—18。

表1—5—18　下扬子地区震旦系—中三叠统油气远景评价表

| | 构造单元 | 面积 ($km^2$) | 评价 |
|---|---|---|---|
| 滁河台陷 | 北部隆起 | 10600 | Ⅲ |
| | 淮阴滨海潜高褶带 | 13000 | Ⅱ |
| | 金湖盐城潜中褶带 | 11400 | Ⅰ$_2$ |
| | 滁河高褶带 | 5000 | Ⅱ |
| 沿江台坪 | 东台安庆潜中褶带 | 39600 | 东Ⅰ$_1$,中Ⅰ$_2$,西Ⅱ |
| | 海安常州潜低褶带 | 7500 | Ⅰ$_1$ |
| | 句容南陵潜低褶带 | 7600 | 东Ⅰ$_1$,西Ⅱ |
| 钱塘坳拉槽 | 太湖广德低褶带 | 9000 | Ⅱ |
| | 江南边缘高褶带 | 4500 | Ⅳ |
| | 江南隆起 | 7600 | Ⅳ |
| | 吴江昌化高褶带 | 8400 | 东Ⅱ,西Ⅳ |
| | 富阳开化中褶带 | 8400 | Ⅱ |
| | 临浦常山高褶带 | 3600 | Ⅲ |
| | 绍兴江山中褶带 | 5000 | 西Ⅱ,东Ⅲ |
| 沪杭过渡带 | 南通苏州低褶带 | 20200 | 西Ⅰ,东Ⅰ$_2$ |
| | 启东昆山高褶带 | 8100 | Ⅲ |
| | 上海杭州潜中褶带 | 8800 | Ⅱ |
| | 南汇海盐高褶带 | 3600 | Ⅳ |

本区存在大量推覆构造，产生不少古生代叠覆构造盆地，使有利的含油层系重复出现，未成熟的生油岩成熟，某些油气藏在特定条件下得到形成和保存，为找油找气提供了新的领

域，目前大片分布前寒武系定为油气远景较差的地区，很可能是推覆体的外来系统，在原地系统中找油找气可能仍有希望。

沿江台坪中部和北部是预测找油远景最好的地区，预测油气资源量大，生储盖组合配套，可能的含油层系多，保存条件好，圈闭类型多，突破的可能性较大，宜最早布置勘探工作量。

沪杭过渡带北部的南通苏州低褶带生储盖组合配套，志留系连片保存，构造宽缓，有利于寻找震旦—下古生界的大型气藏，也宜布置工作量，率先进行勘探。

目标选定后，关键是要解决方法问题，于下扬子地区中古生界海相地层中找到工业性油气藏是完全可能的，但也存在复杂条件，勘探施工困难，要克服这些困难，必须创造各方面条件去加强综合研究和有效果的勘探工作方法，为此，要加强技术攻关，并不断地总结经验，提高本地区的区域地质和石油地质认识，使勘探工作得到应有的效果。

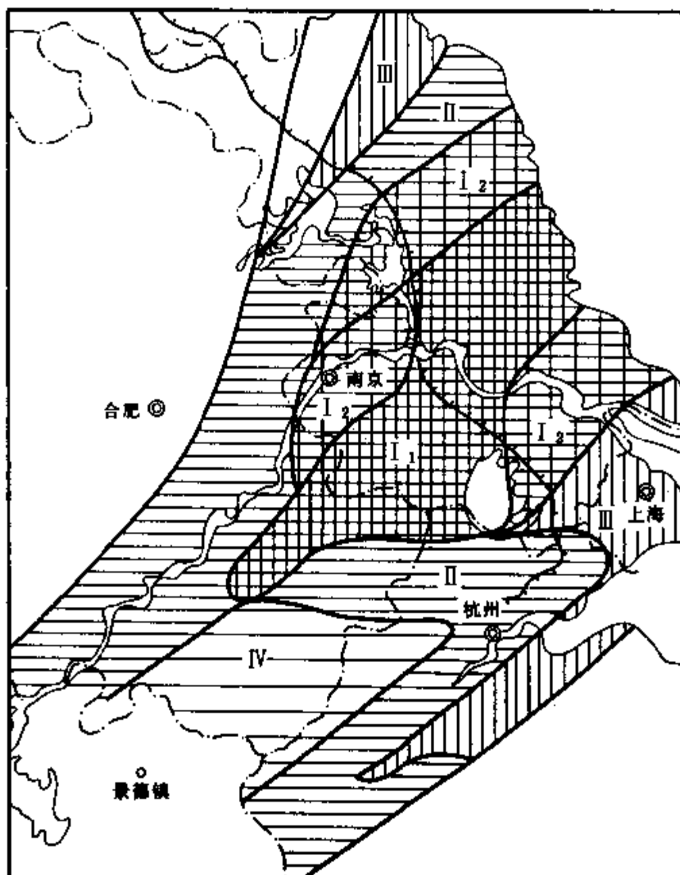



图 1-5-19　下扬子地区震旦系—中三叠统油气远景评价图

1—上下组合找油有利区；2—下组合找气有利，上组合找油较有利区；3—上下组合找油气较有利区；4—下组合找气可能有利区；5—找油找气推测有利区

苏浙皖闽油气区的油气勘探工作，目前已在第三系中建成百万吨的产能，这是一个工作起点，因此在区域勘探阶段，仍要十分重视中新生代盆地的油气勘探工作，这是近期发展本区石油工业最现实的目的层，下面分篇记述江苏、安徽、闽浙地区石油地质方面的成果和认识。

## 参　考　文　献[1]


马杏垣等，1983，中国东部中新生代裂陷作用和伸展构造，地质学报，第 57 卷第 1 期。


[1]本篇参考了大量江苏石油勘探局、安徽石油勘探公司、浙江省石油地区研究所、浙江石油勘探处等单位的大量内部资料和地质矿产部及有关院校的研究成果。

王尚文等，1983，中国石油地质学，石油工业出版社。
中科院南京地质古生物研究所，1980，浙皖中生代火山岩沉积地层的划分对比，科学出版社。
安徽省区域地质志，1987，地质出版社。
冯增昭等，1988，下扬子地区中下三叠统青龙群岩相古地理研究，云南科技出版社。
江苏省及上海市区域地质志，1984，地质出版社。
田在艺，1980，中国地质演变与石油的关系，石油勘探与开发，第4期。
关士聪等，1987，中国中新生代陆相盆地发育沉积与油气，石油工业出版社。
华东地区地层表（安徽分册）、（江苏及上海分册）、（浙江分册）和（福建分册），1978，地质出版社。
华北石油勘探开发设计研究院，1982，潜山油气藏，石油工业出版社。
任继舜，1980，论中国大地构造及其演化，科学出版社。
朱钧等，1964，试论浙、皖、赣深断裂带，地质论评，第22卷、第2期。
朱夏，1986，朱夏论中国含油气盆地构造，石油工业出版社。
朱夏等，1990，中国中新生代沉积盆地，石油工业出版社。
陈发景等，1982，关于我国东部第三纪含油气盆地形成问题的探讨，科学出版社。
李德生，1982，中国东部含油气盆地的构造特征，石油勘探与开发，第9卷第2期。
李毓尧等，1935，宁镇山脉地质，地质研究集刊，第11期。
张文佑，1985，断块构造导论，石油工业出版社。
张兆燕，1981，苏南推覆构造初步探讨，石油实验地质，第2期。
环文林等，1982，中国东部及邻区中新生代构造演化与太平洋板块运动，地质科学，第2期。
罗志立，1983，试论中国含油气盆地的形成与分类，中国中新生代盆地构造和演化，科学出版社。
郭令智等，1980，华南大地构造格架和地壳演化，国际交流地质论文集，地质出版社。
郭令智，1983，西太平洋中新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成和演化，地质学报，第57卷第1期。
浙江省区域地质志，1985，地质出版社。
徐柔远，1984，浙江中新生代盆地沉积特征与浙闽隆起带关系，石油实验地质，第3期。
黄汲清，1978，中国大地构造基本轮廓，地质学报，第2期。
童崇光，1980，中国东部裂谷盆地的石油地质特征，石油学报，第1卷第4期。
福建省区域地质志，1985，地质出版社。

# 第二篇　江苏油气区

本篇系根据1956年以来特别是近十年积累的石油地质勘探方面的基础资料和研究成果编写而成，它总结了江苏油气区近三十年来的地质勘探成果，系统地阐述了区内各构造单元的石油地质条件和各油气田的基本地质特征。

江苏地域辽阔，地质结构比较复杂，各构造单元勘探工作开展的起始时间早晚不一，勘探程度也各有深浅，因此，在地质基础资料的数量和地质工作的深细程度上，差异很大。在地区上，苏北盆地是区内近期的主要勘探目标，其基础资料和开展的地质工作较苏南隆起区和丰、沛、铜地区多；苏北盆地内，在东台坳陷开展的勘探工作又较盐阜坳陷多。在含油气层系上，对下第三系所做工作较其上下各套层系多。根据这一特点和地质工作现状，特将本篇的叙述重点放在苏北盆地上，而盆地的一些章节的有关地质论述，也限于当前的资料基础，其重点也在近期勘探工作做得较多、资料比较系统的东台坳陷中的个别凹陷。关于盆地内的隆起、凸起和低凸起，因勘探工作进行得较少，故在本篇中未专文叙述。

负责本篇编写工作的是，江苏石油勘探局地质科学研究院、物探公司、勘探开发部等。技术负责人和局领导参加的编委会，及其领导下的编写组。该组由郑瑶芳负责，于一女、狄原沚、郎丰进参加。介霖、罗益策、陈瑞庚、邹祖兴等对全稿进行了复审。在本篇编写过程中，江苏石油勘探局有关地质、地球物理和绘图人员承担了大量工作。同时还得到了地质矿产部华东石油地质局和有关院所地质专家的支持，在此特向他们表示深切的谢意。

本篇共分十一章，各章节的编写人分别为：第一章罗益策，第二章郑瑶芳、肖龙裕，第三章蔡小李、郑瑶芳，第四章周凤翔、王耀庭、郎丰进，第五章狄源沚，第六章于一女，第七章赵日标，第八章第一节郑瑶芳，第二节郎丰进、刘杰、第三节杨大荣，第四节胡晓弟，第五节郎丰进、汪祖智、狄源沚，第九章关福喜、郑瑶芳、狄源沚，第十章黄宪智、黄宛平、刘东鹰，第十一章第一节地层部分陈永祥，其它部分郑瑶芳、郎丰进、于一女，第二节阴仲贤、梁国璋、郑瑶芳，全篇图件由研究院绘图室清绘。

本篇中所汇集的地质勘探成果，凝聚了多年来石油、地矿两系统在江苏地区艰难创业的广大职工的汗水和智慧，但限于撰写和编辑人员的水平，未能将长期实践的成果全部反映在本篇内，有的地方存在不足之处，盼望各位读者不吝赐教。

# 第一章　概　　况

## 一、自然地理及经济状况

苏北盆地系苏北南黄海陆相中、新生代盆地西南的陆地部分，位于江苏省北部，包括安徽省天长县的部分地区。南以江都—如皋一线为界，北至滨海，西起泗洪、盱眙一线，东临黄海，面积3.5万平方公里（图2-1-1）。

本区地形主要由黄河、淮河冲积而成，故曰黄淮平原。地势平坦，自西北向东南方向和缓倾斜，其高程大部分在50米以下，东部沿海地区高程仅5米左右。黄淮平原北部河道较少，地势平坦。大运河以东、串场河以西、苏北灌溉总渠以南和通扬运河以北的广阔原野，习惯上称为里下河地区，地势周高中低，地面高程不到2米。由于地势低洼，故湖荡众多，

水网密布，是江苏省著名的湖荡洼地之一。

古黄河（徐州—淮阴—滨海县北）以北地区，主要水系有新沂河，淮沭新河及盐河。新沂河引沂水经骆马湖东流入海，淮沭河经临洪口入海，盐河贯通南北，由淮阴市流经连云港市入海。古黄河以南、长江以北地区，主要水系有大运河、串场河、通榆运河、灌溉总渠和通扬运河等。大运河贯穿南北，是江苏省内主要河道之一。大运河以西多湖泊，有洪泽湖、白马湖、骆马湖、宝应湖、高邮湖和邵伯湖等。最大的是洪泽湖，面积1300平方公里，最小的是邵伯湖，面积80平方公里。通榆运河以东，是近代向海洋伸展出来的新陆地，地势低平，多为农场、林场、养殖场。

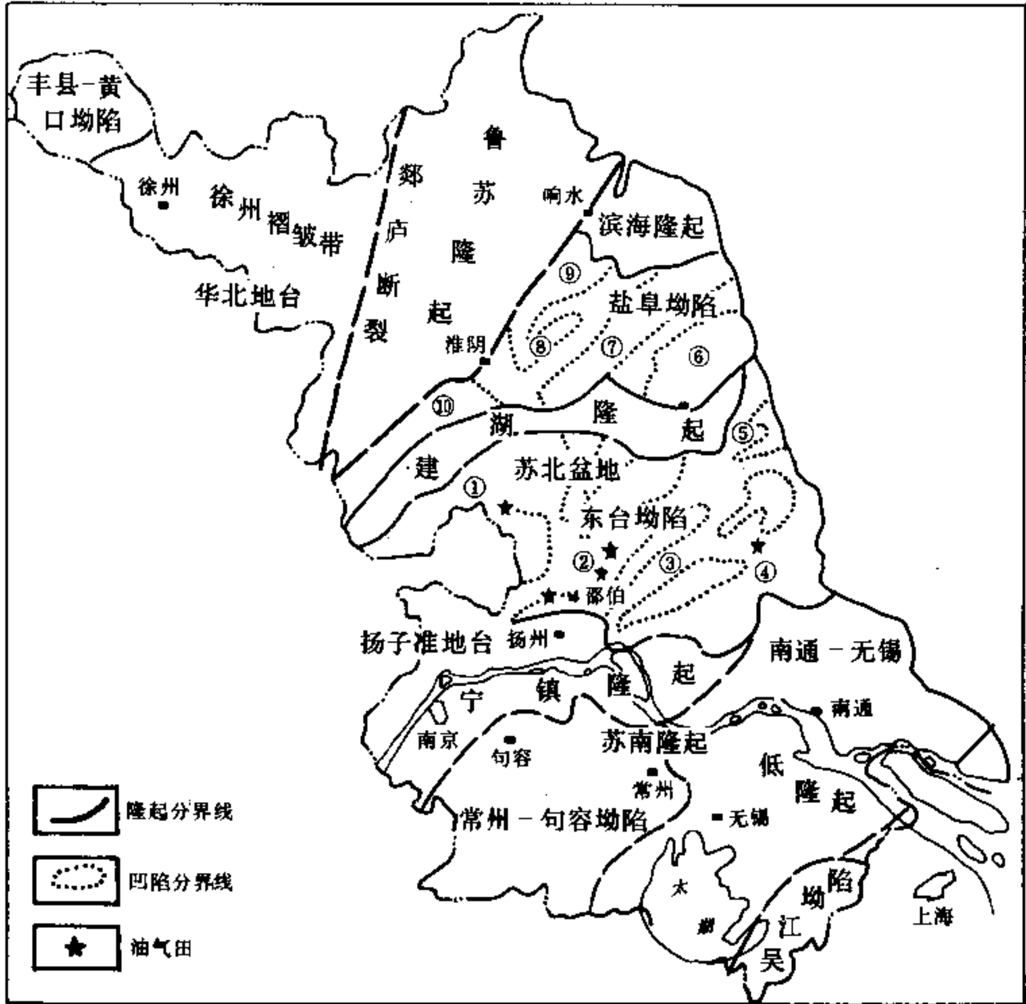



图2-2-1　江苏构造区划图

①—金湖凹陷；②—高邮凹陷；③—溱潼凹陷；④—海安凹陷；⑤—白驹凹陷；⑥—盐城凹陷；⑦—阜宁凹陷；⑧—涟南凹陷；⑨—涟北凹陷；⑩—洪泽凹陷

由于苏北盆地处在我国大陆东部沿海地区，气候具有明显的季风特征，四季分明。大致以淮河—灌溉总渠为界，以北属暖温带半湿润季风气候，以南属凉亚热带湿润季风气候。以扬州地区为例，年平均温度14.8℃，一月平均温度为1.4℃，七月平均温度27.9℃，年平均降水量1062.9毫米，年平均无霜期224天。

苏北属黄、淮冲积平原，土壤肥沃，排灌基本配套，农业开发历史悠久。在长期耕作过程中，肥沃的土壤，良好的水利设施和气候，为农业的稳产高产奠定了基础。

江苏省是全国人口密度最高的地区，也是世界上人口分布最密集的地区之一。大运河两侧，土地肥沃，是精耕细作的农业区，每平方公里人口密度为400～600人。靠近东部沿海地带，人口密度相对减低。

本区水陆交通十分发达，长江横贯东西，运河纵贯南北。京沪、陇海铁路与四通八达的公路网，连接了沿海沿江的连云港、镇江、南通、南京和张家港五个港，为城乡经济发展提供了极为有利的条件。

综上所述，位于江苏省北部的苏北盆地，地理位置和自然条件十分优越。适宜的气候，肥沃的土地，发达的水陆交通，为工农业的发展创造了良好的条件。尤其是通过近十年的发展，苏北大地唤发了蓬勃的生机。农业体制的改革，乡镇企业的兴起，文化教育和科学技术的普及，为这个地区的人民展示了壮观的前景。

江苏地区虽然经济基础好，技术水平高，部门比较齐全，协作条件好，但能源紧缺，原料不足，是其突出的矛盾。因此，尽快地发展江苏石油天然气的勘探和开发，对江苏甚至整个华东地区的经济发展，将具有极其重要的战略意义。

**二、石油天然气勘探简况**

江苏地区的石油及天然气勘探工作始于1956年。地质部所属的华东石油物探大队，石油普查大队，对苏、浙、皖及其毗邻地区曾进行过石油地质调查工作。

1958年8月石油工业部由新疆、四川、青海、玉门、银川和华北等单位，抽调3个地质队、2个重磁力联合队、5个钻井队、1个电测队，成立了华东石油勘探局，负责华东地区五省一市的石油及天然气勘探工作，苏北盆地是当时的重点勘探地区。

1962年地质部将江苏石油普查大队（即原华东石油普查大队）改称第六普查勘探大队（以下简称"六普"），将原华东石油物探大队改为第六物探大队（以下简称"六物"）直接属地质部石油局领导，继续坚持本区的勘探工作。

1970年国家计委地质局又将在江汉盆地工作的第四物探大队和第五普查勘探大队（以下分别简称为"四物"和"五普"）调入江苏，连同原来的两个大队，组成了江苏省石油勘探指挥部，统一领导本区的石油勘探工作。

1975年4月石油工业部从胜利、四川、长庆、青海和新疆等油田，抽调5个地震队、10个钻井队及相应的后勤配套装备，成立了江苏石油勘探开发会战指挥部。开展江苏地区的石油及天然气勘探开发工作。

从1956年起开始对苏北盆地进行地球物理勘探，1958年开始进行石油钻探。1970年7月31日，"六普"在溱潼凹陷戴南构造所钻的苏20井，在下第三系戴南组二段获工业油流。1974年9月15日，"六普"在高邮凹陷南部真武构造所钻的苏58井，于下第三系三垛组一段、戴南组二段获较好油气层，经测试自喷日产油56立方米。同年12月，"五普"在金湖凹陷西北斜坡刘庄构造所钻的东60井，于下第三系阜二段生物碎屑灰岩经测试又获工业气流。真武油田、刘庄油气田的发现，使苏北盆地的油气勘探由普查进入到勘探开发的新阶段。

1975年之后，地质部所属队伍逐渐减少了对苏北盆地的勘探工作。江苏石油勘探开发会战指挥部（1983年3月改为江苏石油勘探开发公司，1986年又改为江苏石油勘探局。下同）在此期间，以高邮凹陷为重点，以金湖、海安凹陷为接替战场，主攻第三系，侦察中、

古生界，逐步扩大战果，探索新的含油气层系。相继又发现了永安、许庄、曹庄、周庄、黄珏、联盟庄、富民等油田，并建成了具有一定规模的石油和天然气生产、生活基地。同时在苏南句容构造上第一次突破了中生代海相工业油流关，在周庄盐城组试获日产天然气 17 万立方米的气流。

**三、完成勘探工作量**

据不完全统计，1956～1988 年底，在苏北盆地内共完成以下勘探工作量。

*1. 重力*

1957 年～1958 年，地质部物探局济南大队重力二分队，完成全区 1：100 万的重力普查。1958～1960 年，石油工业部华东石油勘探局 301、303、304 队，完成 1：10 万，1：20 万的重力详查，范围为沭阳—灌云以南至长江边，大运河以东至黄海边。1959 年～1961 年地质部华东石油物探大队在泰州、盐城、阜宁地区及大丰、东台地区，进行 1：10 万及 1：5 万的重力扭秤试验。1978～1984 年，地质部 611 重力分队对苏北洪泽湖、白马湖、宝应湖、高邮湖、邵伯湖等湖区，进行 1：10 万的重力详查。1984 年石油工业部地球物理勘探局 313 重力队，对运河以东，小纪、江都以北，永安、富民以南地区进行 1：5 万的重力细测。

*2. 磁力*

1956～1959 年，地质部航空物探大队 902，904 队，完成全区 1：100 万，1：20 万，1：10 万的航空磁力测量。

*3. 电法*

1958～1961 年，在滨海以南、长江以北、大运河以东至黄海边，沿公路及河流进行 1：10 万和 1：20 万的垂向电测深及大地电流测量。并在高邮、盐城、海安、溱潼等凹陷及地区，进行 1：10 万和 1：20 万的垂向电测深等工作。

*4. 地震*

本区的地震勘探工作随着装备的改进，经历了光点、模拟磁带及数字地震勘探三个阶段。

1956～1972 年为光点地震勘探阶段。石油工业部华东石油勘探局于 1959～1961 年共完成地震测线 6547 公里。地质部“六物”、“四物”，在东台、盐阜坳陷开展光点地震普查，并在局部地区进行 1：10 万和 1：5 万的地震详查，共完成光点地震剖面 27843 公里。同时从 1966 年起，“六物”在高邮凹陷殷花地区进行了模拟磁带地震勘探的试验。

1973～1977 年为模拟磁带地震勘探阶段。国家地质总局“四物”、“六物”，安徽石油勘探处地震队和江苏石油勘探开发会战指挥部地调处，对苏北盆地的东台坳陷及盐阜坳陷进行了模拟磁带地震详查。东台坳陷的高邮、金湖、溱潼、海安各凹陷，地震测网达到 1×1 公里。盐阜坳陷的盐城、涟水、洪泽、阜宁各凹陷，地震测网达到 1×1 公里或 1×2 公里。

1979 年江苏石油勘探开发会战指挥部地调处引进数字地震仪 5 台，“六物”亦引进数字地震仪 5 台，开始了地震勘探的新阶段。

至 1984 年底，地质矿产部第四、第六物探大队共完成模拟磁带及数字剖面 26775.75 公里。安徽石油勘探处在金湖凹陷天长地区完成模拟磁带剖面 3212.11 公里。江苏石油勘探开发会战指挥部地调处自 1975～1988 年底，共完成模拟磁带剖面 12088 公里，数字剖面 18839 公里，合计 30927 公里；三维地震勘探 22.91 平方公里。

*5. 钻井*

1958 年 7 月 20 日石油部华东石油勘探局在阜宁地区钻探阜基 1 井，发现下第三系阜宁组为一套富含有机质的良好生油层，从而肯定了苏北盆地的石油勘探前景。现将从阜基 1 井的钻探开始，不同单位在本区共完成的钻井工作量叙述如下。

1958～1982 年，地质部"五普""六普"共完成普查钻井 356 口，钻井进尺 73.7816 万米。

1958～1965 年，石油工业部华东石油勘探局在苏北完成探井 99 口，钻井进尺 10.5171 万米；浅井 34 口，进尺 2.1027 万米。

1972～1982 年，安徽石油勘探处在金湖凹陷天长地区，完成预探及详探井 54 口，钻井进尺 9.4926 万米。

1975～1988 年，江苏石油勘探局共完成预探及详探井 421 口，钻井进尺 115.26 万米。

**四、主要成果**

*1. 进行了全盆地的油气资源评价*

苏北盆地下第三系地层发育齐全，共有 6 套生油层，即泰州组上部，阜宁组一至四段和戴南组一段，主要生油层为阜宁组二、四段，岩性以湖相暗色泥岩为主，夹少量油页岩、碳酸盐岩、鲕状灰岩及生物灰岩。

上述 6 套生油层的成熟生油岩分布面积为 5951 平方公里，生油岩总体积为 2520 立方公里，按氯仿沥青"A"法计算，残余生油量为 63.48 亿吨，总生油量为 77.15～95.65 亿吨，高邮凹陷排聚系数 5～10%，其它凹陷为 3～5%。苏北盆地总资源量的 93.5%分布在盆地南部的东台坳陷各凹陷之中，以高邮凹陷居首，其资源量占坳陷总资源量的 50%左右；金湖、海安、溱潼凹陷的资源量各约占坳陷总资源量的 13～14%。盆地北部的盐阜坳陷只有盐城、洪泽凹陷具备生油条件，其资源量占坳陷总资源量的 6.5%。

截至 1988 年底，在高邮、金湖和海安三个凹陷累计探明含油面积 50 余平方公里，探明含天然气面积近 5 平方公里。

*2. 发现 9 套含油气层系，35 个油气田及含油气区块*

苏北盆地内以下第三系为目的层的油气勘探，在基本完成全盆地的普查勘探之后，在重点勘探高邮凹陷的同时，对海安凹陷及金湖凹陷进行了局部的勘探工作。至 1988 年底，于下第三系发现 9 套含油气层系，自上而下为：盐城组一段、三垛组二段、三垛组一段、戴南组二段、戴南组一段、阜宁组三段、阜宁组二段、阜宁组一段和泰州组。

发现油气田及含油气区块 35 个。其中高邮凹陷 15 个，即真武、曹庄、黄珏、联盟庄、许庄、肖刘庄、竹墩、周庄、富民、徐家庄、永安、马家咀、马头庄、沙埝和三垛。金湖凹陷 10 个，即刘庄、闵桥、桥河口、卞东、杨家坝、崔庄、张公铺、乔田、潘庄和王龙庄。溱潼凹陷 6 个，即草舍、储家楼、淤溪、祝庄、戴南和茅山。海安凹陷 4 个，即张家垛、张家灶、富东和安丰。

*3. 有 9 个油气田已投入开发*

江苏石油勘探局投入开发的油气田有 9 个，即真武、富民、曹庄、徐家庄、联盟庄等。投入试采区块 9 个，即梁垛、永安、许庄、邵伯、崔庄等。至 1988 年底投产油井 216 口，气井 7 口，注水井 38 口，平均单井日产水平 11.9 吨，全油田采油速度 1.46%，采出程度 9.9%。1988 年生产原油 72 万吨，生产天然气 1100 万立方米。累计生产原油 483.6 万吨，生产天然气 1.93 亿立方米。

*4. 对深层含油气性进行了探索*

在勘探下第三系油气藏的同时，对下构造层中、古生界地层的含油气性也进行了探索。

现有少量资料揭示，盆地内中、古生界地层具有广阔的油气勘探前景。既有“新生古储”潜山油气藏类型，又有“古生古储”油气藏类型。位于高邮凹陷真武油田和许庄断阶带联结部位的真43井，于井深3451.5米钻穿了下第三系泰州组，在进入下古生界寒武系地层古风化壳附近，录井见5层32米白云岩及碎屑白云岩油斑、油迹显示，钻井过程中泥浆槽面见大量褐色原油。试油经酸化后获日产油1.7吨，累计产油48.1吨。原油来自下第三系，说明属“新生古储”潜山油气藏类型。位于金湖凹陷刘庄断裂构造带的刘4井，高邮凹陷吴堡、博镇断裂构造带，博镇潜山的获3、获7井，钻井中在下古生界奥陶、寒武系地层中都见到良好的油气显示。说明中、古生界碳酸盐岩地层将是盆地的一个重要的油气勘探领域。

# 第二章 勘探历程

江苏省内的石油勘探工作自1956年开始以来，已有32年历史。在这期间，地质矿产部和石油工业部的广大职工，对江苏境内复杂的地质结构进行了长期的攻坚性探索，终于发现了一批油气田，建成了初具规模的石油生产基地。从迈开勘探工作的第一步到建成目前的油气生产规模，大致经历了以下三个阶段。

**一、区域概查阶段（1956～1957年）**

1956年2月，地质部第二次全国石油普查工作会议决定，由华东地质局组建华东石油普查大队（372队），对苏、浙、皖三省毗邻露头区的油苗进行调查。经过一年多的工作，检查证实和新发现油气苗147处，证实区内龙潭组煤系上下部砂岩具区域性含油现象；栖霞组石灰岩以及中、下三叠统青龙组石灰岩晶洞、裂隙含油的普遍性。同时指出了区内构造条件复杂，火成岩较发育，应将工作转向覆盖区，特别是苏北平原和太湖平原。

同一时间，地质部物探局航磁大队904队在华北平原南部及包括苏北在内的周围地区做1∶100万航空磁测，根据成果解释，认为苏北平原北部为太古界变质岩组成的稳定地块，向东倾没延伸入海；南部地区磁场较弱，为一新的沉积坳陷。

根据以上情况，1957年华北石油普查大队在苏北平原开展了1∶100万重力测量，并在苏北平原东部做了一条近南北方向的电测深和地震区域大剖面，验证了航磁成果，进一步认为苏北平原是一个广阔的沉积盆地，为确定其为油气远景地区提供了重要依据。

**二、普查勘探阶段（1958～1975年4月）**

石油工业部根据国务院关于石油勘探方向要东移的战略指示精神，于1958年8月组建了华东石油勘探局。同年10月，地质部成立江苏石油普查大队和华东石油物探大队。两单位在江苏省石油领导小组的协调下，确定了“以苏北为重点，兼顾苏南”的普查勘探方针，并根据当时两部勘探队伍的分布情况，决定地质部主要在东台坳陷开展普查，石油工业部主要对盐阜坳陷进行普查，同时共同兼顾苏南地区。两部职工并肩携手，相互支持，分别取得了丰硕的战果。

*1. 石油工业部华东石油勘探局在本阶段的勘探实践及主要成果*

(1) 地面地质调查　1958～1959年，地质小队观测与研究了南京附近地层剖面及接触关系，对江苏及安徽、浙江、江西和福建的油气苗进行了检查搜集和整理。在江苏省发现油苗约83处（1处可包括许多个显示），沥青7个，伟晶石蜡1个，在地层年代上，从寒武纪至第四纪均有分布。

1963年7月成立南方古生代研究队，完成以二叠系为重点的三条区域标准剖面工作，其中一条由安徽滁县至浙江诸暨，经江苏南京、句容、溧阳、浙江长兴、安吉、武康、杭州等地，在宁镇山脉和煤山向斜构造建立了二叠系标准剖面。

(2) 地球物理勘探

1) 重力、磁力勘探。1958年华东石油勘探局301和303联队，在北起江苏的沭阳、灌云，南到长江，西起运河，东至黄海，面积为41000平方公里的地区进行1∶10万的重力磁力详查。按当时的区域构造概念，其目的是明确凹陷范围，了解基岩起伏情况，并寻找可能

为潜伏储油构造的局部重力异常，通过一系列工作，编制出1：10万布格重力异常图。认为苏北凹陷为南京凹陷向东北延伸的倾没部分，面积达25000平方公里，凹陷内中、新生界厚度可达4000～5000米，并划出北部淮安—阜宁凹陷带，宝应—建湖—龙王庙隆起带，南部高邮—东台—海安凹陷带，扬州—泰州隆起带等四个次一级的构造单元，发现有意义的重力异常27个，其中有部分经当时光点地震勘探及钻探证实为隆起构造。

2）电法测量。1959～1961年，动用了两个电法队在苏北地区工作，共完成7条区域剖面（a. 高邮至黄海边；b. 车桥至六垛；c. 黄尖至丁马；d. 东台至海安；e. 梁垛至海安；f. 灌溉总渠南沙湾至如皋；g. 小海—引水渠—蛤蜊港），并在东台坳陷东部进行面积详查，测线距4公里，点距3公里，部分加密测线至2公里，点距2公里。三年共完成剖面长1709.5公里。电法测量结果说明：①苏北地区的沉积岩可以划分三套构造层，上构造层包括第四系和上第三系；中构造层包括下第三系、白垩系、侏罗系和上三叠统；下构造层包括中、下三叠统青龙灰岩及其以下地层，并初步了解了这三套构造层区域分布特点。②东台坳陷下构造层顶面呈北东向块断状升降和隆起，中构造层直接继承了下构造层的性质，上构造层也呈继承性，但其构造走向都以北西向为主。③在东台坳陷西部，证实了重磁力异常的存在，并根据电法异常线的特征，更详细地划分出五个正向构造带（东荡—兴化，博镇—东台，仇湖，白家会—茅山和三垛隆起带），其走向基本为北东方向。④发现了三个（丁溪、白家会和茅山局部隆起，总闭合面积158平方公里，并进一步证实了重力测量发现的伍佑、新河庙、建湖、周刘庄、戴窑西、谢家庄、三灶、梁垛、仇湖、东荡、河口和三垛等12个局部隆起，其中前9个局部隆起电法资料已能闭合，总闭合面积为497平方公里。

3）地震勘探。1959～1961年地震队由3个增至5个，采用光点地震技术在苏北地区进行地震勘探，共完成地震剖面6547公里。

1959年主要进行了泰县—滨海和高邮—黄海边两条区域大剖面，并在三垛—柘垛和靠渔湾两个地区进行了部分详查工作。

1960年2～7月集中4个队的力量在盐阜东部，北自灌溉总渠，南至盐城—引水沟一线，西起高邮—淮安公路，东临黄海，面积为4500平方公里的地区进行面积详查，主测线近南北向，间隔约4～5公里，联络测线近东西向，间距约10公里。对详查发现的长荡、盘湾和洋马港等三个局部构造及时进行面积细测。在长荡、盘湾构造，主测线加密至0.5～1公里，联络测线加密至1～3公里，在洋马港构造，主测线加密至1～1.5公里，联络测线加密至2～3公里。细测区总面积为222平方公里。同时有一个队进行苏北地震普查工作（如皋南至新安镇区域大剖面）。

从1960年10月至1961年11月，集中4个队在东台凹陷中部，东自通榆公路，西至运河，北起安丰—中堡一线，南至戴南—樊川一线地区进行面积详查，并在1961年3月～7月，把第五个地震队也抽来加强这个地区的详查工作。主测线近南北向，间距2公里，联络测线近东西向，间距7公里，对于局部有意义的地区，将主测线加密至1公里，联络测线加密至1～2公里。与此同时一个地震队大部分时间在盐城凹陷洋马港地区进行细测工作。线距0.75～2公里，成方格网状。

苏北地区多次波干扰严重。1960年在盐阜地区工作时就已发现，但由于地震测井和地震速度的研究工作开展较少，对多次波的认识仅是初步的。1961年在三垛、博镇等地区对一些井进行了地震测井，并进行了相应的地震速度研究工作，明确了0.8～0.9秒以后的反射大部分为多次反射，因而相应1000米以下的反射资料大部分不可靠。

(3) 地球化学勘探

1) 石油微生物普查试验。1960 年 6 月中旬成立 501 队进行石油微生物普查试验工作，至 1961 年底，在苏北盆地东台坳陷三垛、博镇和梁垛三个地区进行方法试验，普查总面积为 895 平方公里。进行方法试验时，剖面距一般为 1 公里，少量为 2 公里，点距一般为 250 米，少量为 500 米。共发现 8 个认为有意义的异常带，总面积为 298 平方公里。同时选择苏南丁村地区作为已知含油区，启东久隆地区作为近代浅层天然气发育区，位于盆地北部边缘变质岩基底之上仅有 20～30 米山麓沉积物的新沂高流地区作为不含油气区，以及高邮凹陷汉留构造和射阳凹陷洋马港构造作为盆地内含油有希望的地区进行了方法有效性试验。总工作量为 155 公里剖面，取得了一定意义的结果。

2) 地面放射性勘探试验。1959 年 7 月组成 901 队，进行地面放射性勘探试验。同年 8～11 月在引水沟构造上采用国产 ПГР 辐射仪进行地面伽马射线测量，测线距约 1 公里，测点距为 100 米，共完成剖面 116 公里，测量面积 180 平方公里。在引水沟附近发现有连续分布的伽马低值异常带，认为与地下含油有关，在西北部南港子一带发现有比较明显的放射性高值异常，认为与断层分布有关。

1960 年 1～4 月，在当时认作已知含油区的苏南丁村进行方法有效性试验，在丁村构造顶部及其翼部断层带，发现有连续分布的近圆形的伽马低值异常，并为伽马高值异常所包围。认为上述伽马低值异常与当时钻井揭示的下伏三叠系青龙灰岩含油范围一致，青龙灰岩裂隙含油地层离地面约 120 米。

1960 年 5～6 月在三垛地区边试验边生产，共完成剖面 7 条，工作面积 93.5 平方公里。在三垛构造北高点和南高点，分别发现连续分布的伽马低值异常，认为与地下含油有关。在南高点东北部，即垛 5 井一带出现伽马高值异常，反映下伏地层有辉绿岩侵入。在西、北两高点之间为伽马高值异常，预测这些异常无油气分布。

(4) 钻探　从 1958 年起在江苏地区进行石油钻探，开钻的第一口井—阜宁基准井位于苏北盆地阜宁凹陷。1960 年钻井工作达到高峰，共有 21 个井队在江苏地区工作，其中 3200 米大钻 3 台，1200 米中深钻 2 台，1000 米以下浅钻 16 台。

1) 苏北地区

1958～1865 年，华东石油勘探局打井 100 口，总进尺 105171 米，其中中深井和深井 27 口，进尺 48421 米，共钻探了蛤蜊港、洋马港、引水沟、梁垛、三垛、博镇、小海、四义村、阜宁、张灶等 11 个构造和地区。浅井 73 口，进尺 56740 米，主要在博镇、小海、三垛、梁垛、引水沟、洋马港、东荡、双甸、哈蜊港等 9 个重力高上钻构造制图井和在 *A*、*B*、*C*、*D*、*E* 等区域剖面上钻剖面井。

苏北地区的石油钻探，经历了由"北到南"，由"西到东"，由"隆起到凹陷"的过程。

1958 年在阜宁地区进行基准井钻探，在上第三系以下发现 470 余米的灰黑色下第三系阜宁组地层，具有很好的生储油条件，为进一步勘探奠定了基础。

1959～1962 年，进行区域勘探与局部构造钻探，根据当时勘探的指导思想，可分为三个时期：

初期（1959～1960 年上半年）解剖重力高。1958 年进行重力详查，发现了 35 个重力高，当时地质部在三垛、博镇、泰州、伍佑、丁堰等重力高进行了地震详查工作，证明地震隆起与重力高基本吻合。为了探明各种重力高的性质及含油情况，1959 年选择了隆起背景上的引水沟重力高，凹陷背景上的三垛重力高和近凹陷边部的蛤蜊港重力高进行钻探。结果

表明，引水沟构造缺失下第三系目的层，在下二叠统栖霞组见两颗油砂；蛤蜊港构造存在下第三系地层，但未见油气显示，仅在下三叠统青龙灰岩顶部见少量气显示；三垛构造垛5井在三垛组下部首次见到了油砂。

中期（1960年下半年～1961年上半年）重点钻探东台坳陷的局部构造。经过初期工作后，认为东台坳陷面积大，油气显示确切，局部构造较多，为此集中了主要钻探力量（3台3200米钻机，2台1200米钻机及6台小钻机），先后钻探了三垛、博镇、梁垛、小海等4个构造。结果表明，小海构造缺失下第三系；博镇和梁垛地区下第三系未见油气显示，地震详查均为断裂切割的鼻状构造；三垛构造经过继续钻探，没有找到与垛5井油层相当的层位，而断裂和火成岩比较发育；从而总结出盆地内局部构造具有"断"、"秃"、"鼻"的特点。

后期（1961年下半年～1962年上半年）主要解剖射阳凹陷（即目前的盐城凹陷）北新灶—洋马港构造带。由于钻探局部构造没有取得良好结果，当时认为射阳凹陷内的洋马港构造最为可靠，并根据当时的地震资料，认为在北新灶隆起下第三系有超覆尖灭现象，在洋马港上了4台钻机（1台3200米深钻，1台1200米中深钻，2台1000米浅钻）进行解剖。同时对三垛、四义村构造和小海构造南部钻探断层遮挡油藏。结果表明，射阳凹陷内普遍存在下第三系目的层，并向东延伸入海，洋马港构造未见油气显示；四义村义1井三垛组变厚，在阜宁组顶部见少量油斑砂岩；但三垛构造仍无进展。

1962年下半年至1965年，在苏北盆地只留下1台3200米深钻。考虑到前5年所钻98口各类井，一是井浅，二是处于盆地边缘或者较高的隆起上，未能建立各凹陷各目的层标准剖面，影响了对区域岩性和岩相横向变化规律的认识，因而未能发现最有利的油气聚集带，为此设想在海安、高邮、射阳凹陷打4口3200～3300米的参数井，以尽早建立各凹陷下第三系目的层标准剖面。在引水沟和扬州隆起打2口3200米参数井，以建立苏北盆地古生界剖面，了解岩性和岩相变化。1963～1965年在海安凹陷东部打了2口参数井，证明该凹陷存在1600米以上的下第三系目的层，并在灶参1井阜宁组上部见油斑砂岩。

通过上述工作及同期地质部的工作，查明苏北盆地内有阜宁、射阳（即盐城）、高邮、海安四个主要凹陷，凹陷内下第三系分布面积大，生油岩厚，储油层分布井段长，生油指标高，储油物性好，并已见到确切的油气显示，是盆地内的主要勘探目的层；同时也明确高邮凹陷东部和海安凹陷为找油最有利的地区。此时已完成了苏北盆地找油的战略侦察任务。

2）苏南地区

1959年6月至1961年7月，华东石油勘探局在苏南句容、丁村和常州三个地区打浅井34口，进尺21027米。同时在浙江省长兴县煤山地区打了8口浅井，进尺3472米。为此动用了5台小于1000米的钻机。根据当时对苏南地区地质特点的认识，考虑到三种不同远景区（隆起区，潜伏隆起区和中新生代断陷区）及四个不同目的层（二叠系龙潭组、三叠系青龙组、葛村组和第三系）的特点和性质，分区选择其中较有利的地区进行重点勘探。煤山地区属隆起区，数米或十米左右厚的第四系浮土和砾石之下即为青龙灰岩或更老地层，相继在煤矿井及煤探井中见到龙潭组含油砂岩及流出的原油。丁村和句容地区属潜伏隆起区，丁村地区在煤探井青龙灰岩中见流出原油；句容地区先后在葛村组、青龙组及龙潭组见油气显示。常州地区属中、新生代断陷区。

通过对上述四个地区的钻探，明确了以下几个问题：

第一，句容、丁村及煤山地区在龙潭组、青龙组和葛村组都见到含油砂岩和少量原油，但含油显示分散，油质重，且断层发育，构造复杂，缺乏封闭条件，所见含油砂岩为经受侵

蚀氧化破坏后的残余油层，初步认为没有工业价值。

第二，含油显示较好，具有一定生储油条件，可供探明是否有含油远景的地层有第三系、葛村组、青龙组和龙潭组四套地层。生油条件以龙潭组及第三系阜宁组为最好，青龙组次之，葛村组最差。储油物性以第三系和青龙组为最好，葛村组和龙潭组较差，龙潭组的空气渗透率小于 $1\times10^{-3}$ 二次方微米。青龙组缺乏良好盖层。龙潭组、青龙组、葛村组地层都经受过较强烈的构造运动。而第三系地层受构造破坏影响较小，且具有生油条件及良好储油条件，今后可重点进行钻探。

第三，根据目的层及构造特点，可划分三种不同类型的远景区。①隆起区：指葛村组及其以前地层已出露的地区。目的层已暴露，火山活动较强，石炭系及其以前地层受到不同程度的变质。属于这类地区的有无锡广德隆起、茅山褶断隆起、宁镇褶断隆起等。②潜伏隆起区：指赤山、浦口组及其以上地层覆盖在葛村组及其以前地层之上的地区，重力、电法显示为正异常，构造上为地垒式隆起，勘探目的层为葛村组、青龙组和龙潭组。在苏南地区当时已发现有八个重力高（电法高），在句容、下于乡两个重力高已进行了石油钻探工作；在奔牛、卜戈桥两个重力高作了许多煤田钻探工作，都没有油气显示。长荡湖、溧水北两个重力高，地面各有古生代地层及中生代火成岩出露。因此认为潜伏隆起区为含油远景较小的地区。属这类地区的有句容—溧水，奔牛—溧阳断凸。③中、新生代断隆区：指中、新生代地层分布较广、厚度较大的地堑式断陷区，重力、电法显示为负异常。常州地区有丹阳、漕桥两断陷，都有第三系分布；句容地区有白兔—天王寺、土桥两断陷，都缺第三系，所以认为常州地区较句容地区有利。

*2. 地质部所属勘探队伍在本阶段的勘探实践及主要成果*

1958～1962 年以苏北平原为重点，从沉积盆地整体着眼，实行区域展开。在平原内，采用中深钻、浅钻与地震、电法工作相结合，做了纵横平原的数条区域大剖面，进行了 1∶10 万重力、磁力测量，在平原西北部边沿零星露头区，做了 1∶20 万石油地质填图，面积达 27400 平方公里。同时，为进一步了解苏南地区中、古生界含油气地质条件，并配合苏北平原区域普查工作，在苏南进行石油地质专题研究。通过以上工作，取得了丰富的地质成果，证实了苏北平原为中、新生代沉积坳陷区，明确了坳陷基底为“南相”中、古生界，排除了当时认为苏北平原第四系覆盖之下即为古老变质岩的论断。初步划分出苏北坳陷区的主要构造单元，即北部为盐阜坳陷，中部为建湖隆起，南部为东台坳陷。通过地球物理勘探发现了一批有意义的重力、电法高带和地震局部隆起。在苏南句容盆地钻井也发现了下白垩统葛村组，并见含油砂岩。

1960～1962 年，在苏北坳陷区，结合物探、钻探资料，对一些重力高和地震隆起，如蛤蜊港、引水沟、大丰、小海等进行了重点解剖；比较完整地建立了中、新生代地层系统；进一步划分了三级构造单元。指出东台坳陷为含油气远景最大地区，并依据地震局部隆起（局部构造）分布特点，结合重力资料，对东台坳陷进一步进行了分区评价。指出在坳陷的斜坡较高部位及隆起上主要目的层系（阜宁组）发育保存不全，而在深凹部位主要生油层阜宁组发育齐全，厚度大，保存好，因而邻近深凹部位的构造是有利的勘探对象；在高邮凹陷三垛构造带以南和博镇构造带以南的深凹部位（即高邮、溱潼凹陷的南部深凹带）两侧，尤其是南侧“陡坡带”的局部构造是最有利的构造。同时，针对当时普查勘探工作主要在隆起上和斜坡浅部的状况，明确指出凹陷是在苏北找油的主要方向。

1962 年“六物”的野外工作队伍全都调往华北。与此同时，“六普”也大为紧缩，只留下少

量队伍坚持工作。1963年，在汉留地震隆起上钻苏高3井（汉综1井），发现在三垛组之下、阜宁组之上的"过渡层"（戴南组）有较好的生储盖条件，是值得重视的勘探层段。1964年，在没有地震队配合的情况下，为了坚持实践"下凹陷"的方向，根据原有的光点地震资料，认真仔细分析，选择位于高邮凹陷南部陡坡带的殷家庄地震隆起的南翼钻苏高5井，首次在"过渡层"（戴南组）中发现三组含油砂岩，在钻井过程中黑色原油随泥浆流出。1965年在高邮凹陷的花家庄地震隆起上钻苏8井，又在戴南组一段发现了物性好、油质轻的新含油层。但由于工程质量问题等原因未能进行试油。

殷家庄和花家庄地区"过渡层"（戴南组）油层的这一发现，为在江苏境内进一步开展石油普查勘探提供了现实的基础。

1964年起，"六物"陆续建立了一、二个地震队。1966年，地质部石油地质局从法国引进的一台模拟磁带地震仪在苏北投入试验。经过连续三年的辛勤工作，从仪器配套到回放处理，解释，提出了一套方法系列和工作规范，为在江苏地区推广应用模拟磁带地震勘探共反射点多次叠加法寻找油气圈闭奠定了基础。这对于多次波干扰严重，地震勘探和地质工作条件都较复杂的江苏地区油气勘探工作来说，是一个新的起点。

1970～1973年，在江苏省石油勘探指挥部统一安排下，"四物"、"六物"利用模拟磁带地震仪分别在海安凹陷和溱潼凹陷进行地震面积普查，工作侧重点为以往用光点地震已发现的殷家庄、花家庄、戴南、吴堡、叶甸、史家堡、祝庄、莫庄、草舍等构造，并提供井位。1970年7月31日"六普"在戴南构造戴南组二段上部经测试获得日产原油14.5立方米。1971年初，"五普"在溱潼凹陷的祝庄构造东7井又发现了阜一段油层并获得了工业油流。接着他们又分别在莫庄构造东10井见阜二段自溢油流，在草舍构造苏38井见阜三段油层，但都因事故未能进行测试。

1973年江苏省石油勘探指挥部认真总结了前一时期的普查勘探成果和经验教训，在地震勘探实现了磁带化及普遍采用多次叠加技术方法的基础上，实行区域展开，普查勘探重点转向最有油气远景的地区——高邮凹陷、金湖凹陷。1974年钻探力量也逐步由溱潼凹陷转向高邮、金湖凹陷。"六普"在紧邻高邮凹陷南部深凹的真武构造上钻苏58井，1974年9月15日开钻，钻至2385米，即钻穿了三垛组一段和戴南组二段较好的油砂层而提前完井。于11月12日射孔测试，日产原油56立方米，获得了自喷油流。同年12月，"五普"在金湖凹陷北部斜坡部位的刘庄构造上的东60井首次发现阜二段生物灰岩气层和阜一段油层，测试阜一段油层获日产5.5立方米工业油流。1975年4月又在阜二段试获日产21万立方米天然气流。之后，又在该构造的东64井阜二段获日初产112万立方米的高产气流。"六普"也相继在溱潼凹陷南部断裂带的储家楼构造上的苏59井戴南组获得日初产100余立方米的高产自喷油流。

**三、勘探开发同时并举阶段（1975年4月～目前）**

根据苏北地区的勘探形势和国家计委的决定，石油工业部组建了江苏石油勘探开发会战指挥部。自1975年4月起，会战队伍从胜利、四川、长庆、新疆等地出发，陆续到达工区，在江苏省勘探指挥部普查勘探工作的基础上进行新的部署，开展了以下工作：

1975～1977年下半年，以详探真武、永安、刘庄构造为重点，同时兼顾其相邻构造圈闭的预探。在这期间取得的成果，一是基本探明了真武油田的含油气状况，初步明确了高产富集区块和层系，掌握了油藏的基本地质特征，为油田由试采转向开发提供了基础。二是在永安构造上，在垛二、垛一、戴二、戴一段四套层系获得工业油气流，明确了该构造是一个

有相当勘探远景，但又是一个极为复杂的勘探对象。三是搞清了刘庄构造油气藏形成的控制因素和油气富集规律，落实了油气分布范围，并使气藏投入试采。通过对以上大型构造圈闭的钻探实践，发现苏北盆地下第三系断层发育，构造破碎，断块小，圈闭构造中油气充满程度低，因此，当时有勘探要有大的突破，必须立足中、古生界的提法。

基于上述思想，1977 年末，正式确定苏北勘探对象转为以吴堡—博镇潜山带为重点，兼顾第三系的方针，并随即全面部署了以寻找古潜山油藏为目标的区域勘探。在当时地震资料质量很差，古生界内幕结构不清，钻井、测井等技术、设备不够完善的情况下，采用钻井打短剖面的方法，对西起邵伯、东至戴窑的整个潜山带逐条进行钻探。至 1979 年末，只在潜山带西段的许庄潜山真 43 井寒武系白云岩中测试获得低产油流。为了了解苏南海相碳酸盐岩的含油气情况，与此同期又组织了 1 台钻机和 1 个地震试验队，再度勘探句容盆地，先后在句容构造钻井 6 口，其中容 2 和容 3 井在下二叠统青龙群中初期试油分别获得最高日产 6 吨和 10 吨的油流。在这期间，又于高邮凹陷第三系令人注目地新发现了黄珏、曹庄、周庄等含油气构造，再次展示了第三系丰富的油气资源潜力。

1980 年以后，根据据对江苏地区基本石油地质条件的分析，和对各勘探领域的认识程度，以及工艺技术的状况，重新调整了勘探布局。把勘探重点又转移到第三系上来。明确了“六五”及其以后的一段时间内，拿储量、拿产量的地区主要是在盆地南部的东台坳陷，其中高邮凹陷被定为找油的重点，金湖和海安两凹陷为勘探的接替战场，对中、古生界则适当开展战略侦察。为探索煤成气资源状况，对丰沛地区进行地震普查。通过这一部署的连续实施，取得了以下的地质效果:

1）肯定了在高邮凹陷深洼南北的两条断裂构造带上，圈闭发育，沉积相带有利，储盖组合条件良好，含油层系众多，不同类型的油藏在平面上迭合连片，凹陷北部斜坡，油气显示普遍，含油气构造发育，在一些井中也试获工业油流，通过勘探以来所积累的资料证实，高邮凹陷是苏北盆地中最为有利的复式含油气区。

2）在金湖凹陷石港断裂带及卞东—杨家坝地区发现了产量较高的油气田。海安凹陷海中断隆和梁垛断裂构造带为有利含油地带。

3）在老油田的详探扩边中，不断有新的进展。在真武、黄珏、富民庄等油田，不但发现了新的含油区块，扩大了面积和储量，而且还打出了一批油层厚、产能高的高产油井，为油田产量跨入新台阶提供了可靠的基础。

# 第三章　中、新生代陆相地层

## 第一节　中生代地层

中三叠世早期，本区海盆历史结束，地壳逐渐抬升，过渡为残留的海湾泻湖盆地。此后，从黄马青组上段至赤山组的漫长地质时期，均属于内陆河湖盆地。中生代地层发育齐全，化石丰富，在宁镇山脉、宁芜盆地及沿江地区分布广泛，苏北盆地新生界之下，也有大片隐伏的中生代地层。

**一、前白垩系**

*1. 中三叠统*

(1) 周冲村组　主要分布在宁镇和宁芜地区。在苏北地区井下零星发现。地表为灰、灰黄色厚层状角砾粗晶灰岩，角砾状灰岩；井下为深灰、灰黑色中—厚层状白云质灰岩及硬石膏，局部呈角砾状、蜂巢状结构。主要化石为双壳类 *Eumorphotis* spp.牙形刺 *Neospathodus homeri*，N. sp.。

(2) 黄马青组　黄马青组沉积时期处于从海到陆的转折时期。此时本区海水普遍退却，结束了本期海盆地的发展史。本组主要出露于镇江、茅山以西，二顶山、龙洞山以东，长江以南，与宁芜盆地相连。苏北地区迄今未发现本组或相当地层的可靠资料。本组上段岩性为紫红色粉砂岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩，局部为含铜砂岩，富含钙质结核、虫管。下段的上部为紫红色砂岩，下部为棕黄、灰黄色粉砂岩、泥岩，局部有泥灰岩透镜体。化石有双壳类 *Bakerellia* spp.，叶肢介 *Diconiostracus Zhangshanensis, Protomonocarina* spp.,介形类 *Darwinula* spp.,植物 *Annalepis zeilleri*,轮藻 *Stellatochara* spp.等。

*2. 上三叠统*

范家塘组　主要分布于苏南地区，地表露头零星。本组沉积时，气候温暖潮湿，水体呈停滞状态，植物茂盛。岩性为深灰、灰黑色细砂岩、粉砂岩、碳质页岩夹煤层（线），生物群以陆生植物为主，化石为 *Dictyophyllum* spp., *Pterophyllum* spp.,双壳类有 *Unio* spp. 等。本组沉积后，因地壳运动的影响，江苏地区大部分上升，遭受剥蚀。

*3. 侏罗系*

自上而下分为下统南象山组、中统北象山组及上统西横山组和火山岩系等四个地层单元。火山岩系进一步细分为龙王山组、云台山组和大王组。

(1) 下统南象山组　苏南地区主要见于地表露头，苏北地区主要隐伏于南通—扬州一线新生代地层之下，以江都隆起带发育较好，一般厚 150～650 米。盆地中心因埋藏较深分布不详。上部岩性为灰黑色薄层粉砂岩与页岩互层，夹多层薄煤层，下部为灰白色石英砾岩、含砾砂岩，反映了三叠系末期本区地壳抬升遭受剥蚀的标志。本组植物化石为 *Cladophlebis* spp.、双壳类：*Tutuella* cf. *minima, Sibireconcha* spp.。

(2) 中统北象山组　分布范围与南象山组基本一致，但在苏北地区不够广泛，厚度也较薄。岩性为灰、灰白色、灰紫色含砾石英砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、泥岩组成的韵律层。在苏南地区本组地层中，迄今尚未获可以鉴定地层时代的化石依据，但据岩性、岩相及沉积

环境等特征，本组可与相邻地区如浙江渔山尖组、安徽罗岭组等中侏罗世地层对比。

(3) 上统西横山组 分布于溧水、江宁一线，于苏北地区则在泰州凸起北部和阜宁凹陷的一些井下见及。展布方向与象山群大致相同，但范围较象山群小得多。上段岩性为紫红色粉砂岩夹深灰色含砾砂岩。中段为棕灰、灰绿色泥质灰岩，下段灰、灰紫色长石石英砂岩与砂砾岩、砾岩互层，底部以巨砾岩为主。植物化石有 *Elotoclactus* sp., *Cladophlebis* sp., 腹足类：*Bicarhospira depressa*，孢粉：*Classopollis*（84～95%），*Psophosphacra*（0～5%）组合。西横山组沉积晚期，区内局部地区曾发生火山活动，沉积岩中常夹有火山碎屑岩及少量熔岩。

(4) 上统 主要分布在宁芜盆地，组成大的火山岩隆起带，苏北盆地分布较零星，主要沿大断裂两侧断续展布。

龙王山组：为紫灰、灰紫色巨型角砾粗面岩夹少量角砾安山岩、层凝灰岩，中下部夹数层灰质砂岩、粉砂岩。

云台山组：上部为黄绿、灰绿色粉砂质泥岩夹灰黑色泥灰岩透镜体；中部为紫红、灰紫色凝灰岩夹凝灰角砾岩及凝灰质页岩：下部为杂色安山质凝灰质砾岩与暗红色层凝灰岩互层，夹凝灰质砂岩。化石有叶肢介：*Yanjiestheria* spp., *Orthestheria* spp., 介形类为 *Cypridea* spp., 植物为 *Cladophlebis* cf. *browniana* 等，反映了火山喷发间歇期所形成的河湖相沉积。

大王山组：主要分布于宁芜和溧水地区，句容盆地边缘也见及。苏北盆地边缘的探井亦有所见。上段为粗面岩段，岩性为灰紫、灰褐色斜长粗面岩，夹少量粗面质凝灰角砾岩；中段为粗安岩段，岩性为灰紫、深灰色粗安岩，含集块角砾粗面岩夹粉砂质凝灰岩；下段安山岩段，岩性为浅灰色钠质安山岩，局部夹角砾凝灰岩及层凝灰岩。

**二、白垩系**

本区白垩系发育齐全，分布广泛。依岩性、岩相及生物群组合特征，可划分为下统葛村组，上统浦口组和赤山组。

*1.* 下统葛村组

主要分布在苏南句容一带，岩性为暗棕红色夹灰绿色含砂泥岩，局部夹灰黑色泥岩。下部夹多层凝灰质砂岩。本组沉积背景是以火山岩为基底的断陷盆地或山间盆地，分布范围局限，岩性变化大。介形类化石有 *Cypridea* spp.，轮藻为 *Flabellochara* spp., *Nodoclarator* sp., *Sphaerochara* spp., *Aclistochara* spp.，孢粉 *Cicatricosisporites*（15～20%）—*Classopollis* (30%) 组合。在苏北盆地一些井下所见的此套地层无论从岩性、岩相和化石组合看，尚难与苏南地区葛村组地层对比，有待今后进一步研究。

*2.* 上统浦口组

浦口期是江苏地区晚中生代盆地发展进入相对稳定的时期，湖面广阔，沉积巨厚。早期是以红色粗碎屑岩建造开始，逐渐过渡到稳定条件下的砂岩、泥岩和具有较大厚度的暗色泥岩、杂色砂、泥岩及膏岩等蒸发岩类为特征的沉积。本组沉积以苏北淮安、洪泽地区最为典型。上部岩性为紫红—棕褐色中厚层状钙质砂、泥岩，夹多层石膏、岩盐；下部为灰黄、紫红色厚—巨厚状角砾岩、砾岩及安山岩，局部地区安山岩呈层状。苏北盆地主要为暗紫色砂、泥岩夹石膏、岩盐。化石有介形类（苏北）*Cypridea*（*Cypridea*）spp., *Darwinula* sp., *Mongolianella*? sp.，（苏南）*Tangxiella* spp., *Cypridea*（*Pseudocypridina*）spp., *C.*（*Cypridea*）sp.，轮藻 *Euaclistochara mundula*, *Songliaochara* sp., *Pseudoporosphaera*

*sunanensis*，植物 *Suluronagina intermedia, Manica* （*Changlingia*） sp.，孢粉 Schizaeoisporites（25～30%）—Classopollis（25～30%）组合。

*3.* 上统赤山组

此期湖盆开始收缩，范围变小，受后期的构造运动的改造，使残存的赤山组零星分布。上部岩性为棕红色含钙质粉砂岩；中部为砖红色巨厚层状分砂、细砂岩，斜交层理发育；下部为棕红色含砂泥岩。化石中有介形类：*Talicypridea* spp.，*Cypridea* （*Cypridea*） sp. *Ruficypris sinensis*，轮藻 *Latochara* spp.，*Porochara* spp. 等。

## 第二节 下第三系

下第三系在苏北盆地内广泛分布（图 2–3–1），发育完好，厚度大，是主要的生、储油层。自下而上分阜宁组一、二、三、四段，戴南组一、二段，三垛组一、二段。关于泰州组，本卷为了编写中的前后一致性，仍暂将泰州组编入下第三系。现自下而上分别叙述之。

### 一、泰州组

*1.* 分布范围

泰州组主要见于苏北盆地涟水、阜宁、盐城、金湖、高邮、溱潼、海安等凹陷钻井中，仪征小河口一带有零星露头出露。在岩性和电性特征上反映一个完整的沉积旋回，不整合于赤山组或浦口组之上。盆地东部海安、白驹、盐城凹陷泰州组岩性细，暗色泥岩发育，具明显的韵律性。向西砂岩增多，韵律性变差，至金湖地区以一套红色砂岩、泥岩为主。厚度一般 300～400 米，最厚 500 余米。海安凹陷地层发育最全，生物资料最丰富，现以海安凹陷为代表，根据岩性、电性特征和生物群将其分成上、下两段，四个韵律。

(1) 下段 第一韵律：上部以深灰色泥岩为主，夹少量薄层状泥质粉砂岩，下部以灰白色块状砂岩为主，底部发育了一套厚度不等的底砾岩。本段在海安凹陷目前已成为一个储集层。视厚度 40～80 米。含少量介形类化石：*Cypridea*（*Pseudocypridina*） *longa* 长假伟星女星介，*Cyprois* sp. 柔星介，*Ziziphocypris* sp. 枣星介等。孢粉以 *Rugubivesiculites* 皱体双囊粉属和 *Jianghanpollis* 江汉粉属含量高（50%），*Ulmipollenites* 榆粉含量较低（5%左右），以及 *Gabonisporis* 加蓬孢、*Ganthanipollis* 高腾粉和 *Extratriporopollenites* 三突孔粉占有一定份量为特点。轮藻化石不发育，几乎未获得。

第二韵律：上部以深灰色泥岩为主夹薄层粉砂岩，含碳屑、黄铁矿。产少量腹足类、瓣鳃类化石：*Pseudohyria cardiiformis* 乌蛤形假嬉蚌、虫孔、介形类：*Cypridea* (*Pseudocypridina*) *Longa* 长假伟星女星介，*Quadracypris* sp. 方星介，*Candona* (*Candona*) sp. 玻璃玻璃介以及个别的 *Cypridea*（*Cypridea*） sp. 女星女星介。孢粉化石：*Rugubivesculites* 皱体双囊粉属和 *Jianghanpollis* 江汉粉属各占 1～5%，*Morinoipollenites* 刺参粉属常出现，含量为 1%。下部为棕灰、灰绿色中细砂岩，常含砾夹薄层砂质泥岩。岩性稳定，低凸起岩性变粗，颜色变红，底部常见砾岩。视厚度约 20～30 米。个别地区可达 70 米。

(2) 上段 第三韵律：以深灰、灰黑色泥岩为主，中下部夹数层泥灰岩、石灰岩、鲕状灰岩或灰质泥岩，底为灰白色砂岩夹棕红色、深灰色泥岩，是海安凹陷的主要生油层段。本段介形类化石数量丰富、类型繁多，以光滑或具瘤饰类型的 *Cypridea* （*cypridea*） *mollis* 温柔女星女星介，*C.* （*C.*） *vitrea* 亮女星女星介，*C.* （*C.*） *cellularia* 蜂巢女星女星介，

| 界 | 系 | 统 | 组 | 段 | 地层代号 | 视厚度 | 剖面 | 接触关系构造运动 | 地震标准层 | 沉积相带 | 油气藏 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 新生界 | 第四系 | 全新-更新统 | 东台 |  | Qd | 317 |  |  |  | 陆海交互相 |  |
|  | 上第三系 | 上-中新统 | 盐城 | 上段 | $Ny_2$ | 722 |  |  |  | 河流相 |  |
|  |  |  |  | 下段 | $Ny_1$ | 570 |  | 三垛运动 | $T_2^0$ |  | δ |
|  | 下第三系 | 渐-始新统 | 三垛 | 上段 | $Es_2$ | 700 |  |  | $T_2^2$ | 河流相 | ● |
|  |  |  |  | 下段 | $Es_1$ | 714 |  | 真武运动 | $T_2^3$ | 河流—湖沼相 | ● |
|  |  |  | 戴南 | 上段 | $Ed_2$ | 736 |  |  | $T_2^4$ | 河流—三角洲相 | ● δ |
|  |  |  |  | 下段 | $Ed_1$ | 530 |  | 吴堡运动 | $T_3^0$ | 湖相 | ● δ |
|  |  | 始-古新统 | 阜宁 | 四段 | $Ef_4$ | 614 |  |  |  | 湖相 |  |
|  |  |  |  | 三段 | $Ef_3$ | 282 |  |  |  | 湖相三角洲相 | ● |
|  |  |  |  | 二段 | $Ef_2$ | 356 |  |  | $T_3^3$ | 湖相 | ● δ |
|  |  |  |  | 一段 | $Ef_1$ | 806 |  |  | $T_3^4$ | 河流—湖相 | ● δ |
|  |  |  | 泰州 |  | Et | 488 |  | 仪征运动 | $T_4^0$ | 湖相—河流相 | ● |
| 中生界 | 白垩系 | 上统 | 赤山 |  | $K_2c$ | 528 |  |  |  | 河流相 |  |
|  |  |  | 浦口 |  | $K_2p$ | >1190 |  |  |  | 河流—湖泊相 |  |
|  |  | 下统 | 葛村 |  | $K_1g$ | 396 |  |  | $T_5^0$ | 河流—湖泊相 |  |
|  | 侏罗系 | 上统 | 大王山 |  | $J_3d$ | 1366 |  |  |  | 火山岩相 |  |
|  |  |  | 云合山 |  | $J_3y$ | 228 |  |  |  |  |  |
|  |  |  | 龙王山 |  | $J_3l$ | 398 |  |  |  |  |  |
|  |  |  | 西横山 |  | $J_3x$ | >1400 |  |  |  |  |  |
|  |  | 中、下统 | 象山 |  | $J_{1+2}$ | 688 |  | 象山运动 |  | 内陆湖 |  |
|  | 三叠系 | 上统 | 范家塘 |  | $T_3f$ | 222 |  |  |  | 海陆交互相 |  |
|  |  | 中统 | 黄马青 |  | $T_2h$ | 1059 |  |  |  |  |  |
|  |  |  | 周冲村 |  | $T_2z$ | >601 |  |  |  | 浅海相 |  |
|  |  | 下统 | 上青龙 |  | $T_1g$ | >300 |  |  |  |  |  |
|  |  |  | 下青龙 |  |  | 365 |  |  | Tg |  | ● |
|  |  | 上统 | 大隆 |  | $P_2^2d$ | 32 |  |  |  |  |  |

图 2-3-1 江苏地区中、新生界地层柱状图

*C.* （*C.*） *hebes* 钝女星女星介，*C.* （*C.*） *posterotunda* 后圆女星女星介为主，以及 *C.*（*Pseudocypridina*） *tera* 圆假伟女星女星介，*Disopontocypris mudula* 净润海星介，*Eucypris jiangnianensis* 姜埝真星介 *Cyprois globra* 球柔星介等。孢粉化石特征是 *Classopollis* 克拉梭粉，*Exesipollenites* 隐孔粉，*Schizaeoisporites* 希指蕨孢含量高，或其中某一类的含量很高，其它的较低，*Pterisisporites* 凤尾蕨孢含量 10～15%，具气囊的花粉含量约在 5%以内，*Jiangsupollis* 江苏粉经常存在。

本韵律黑色泥岩稳定，中下部数层泥灰岩是区域性的对比标志，下部岩性变化大，砂岩数量和暗棕色泥岩夹层向深凹减少，向隆起区增多。视厚度 120～150 米。

第四韵律：以灰黑色泥岩为主，间夹暗棕红色泥岩，夹几层灰白色粉细砂岩。在电性上显示反旋回特性。含介形类、轮藻和孢分化石。介形类化石仍以 *Cypridea* 女星介为主，还有 *C.* （*Pseudocypridina*） *subtera* 近圆假伟星女星介，*Disopontocypris mudula* 净润海星介，*Eucypris* sp. 真星介，*Candona* （*Candona*） sp. 玻璃玻璃介等。数量和属种类型远比第三韵律少。轮藻化石有 *Latochara curtula* 稍短宽轮藻，*L. cylindrica* 柱形宽轮藻，*Gobichara alboides* 似白色戈壁轮藻等。孢粉化石 *Ulmipollenites minor* 小榆粉，*Plicapollis* 褶皱粉，*Subtriporopollenites* 亚三孔粉三者明显增加为 40～50%，三沟和三孔沟类的含量约 20%，*Classopollis* 克拉梭粉，*Exesipollenites* 隐孔粉，*Schizaeoisporites* 希指蕨孢含量锐减，一般在 10～15%。

2. 接触关系

泰州组与下伏地层的接触关系在盆地的不同构造部位表现不一，东部地区泰州组底砾岩不整合于赤山组或浦口组之上，高邮西部地区以及金湖地区泰州组与下伏赤山组为假整合接触（图 2–3–2）。

3. 泰州组的时代归属

泰州组于 1958 年在苏北阜宁基准井首次钻遇，归属下第三系阜宁组，1962 年中国科学院南京地质古生物研究所（以下简称南古所）在泰州泰 1 井、扬州甘泉镇邗 5 井以及阜宁基准井该段地层中分别获得介形类 *Cypridea* 女星介属化石，因而从下第三系阜宁组中划分出，并命名泰州组，归属晚白垩世。其后，江苏省石油勘探指挥部"六普"以及江苏省南京地质矿产研究所等单位研究地层古生物的同志认为，在泰州组地层中所出现的一些中生代轮藻、孢粉分子仅仅是一些孑遗分子，因而将泰州组时代归属古新世早期。以南古所以及我局化验室古生物组为代表的地层古生物工作者则将泰州组归属晚白垩世。近年来江苏石油勘探局通过解剖海安凹陷泰州组地层，根据沉积序列、电性特征以及各门类生物资料，认为泰 6 井 843～867 米井段可与安 3 井、如 2 井等泰州组地层对比，*Talicypridea* 属的存在与否受当时环境等因素的影响，因而不能仅依据是否含 *Talicypridea* 化石来确定其时代。此外，将数量繁多的 *Cypridea* 作为孑遗分子来考虑，这与生物演化规律不相符，而 *Candona*，*Ilyocypris*，*Cyprois* 等新生代分子与 *Cypridea* 相比在数量上明显的减少，正好说明新生代分子的先驱性，这些分子在中生代末期开始出现，在我国很多盆地的中生代末期地层中都能见到。此外泰州组地层中的 *Quadracypris*，*Ziziphocypris* 等均属晚白垩世分子，这些分子在古新统中目前尚未发现。除介形类外，轮藻化石以 *Collichara xiaohekouensis*，*C. taizhouensis*，*Latochara yizhengica*，*L. cylindrica* 等为特征的分子常见于我国晚白垩世地层中，泰州组的轮藻化石面貌与阜宁组一段以 *Gobichara alboides*，*Gyrogona wubaoensis*，*Peckichara varians* 为特点的化石面貌有明显区别，反映晚白垩世晚期与早第

三纪早期分属两个轮藻群。以 *Classopollis*，*Exesipollenites* 和 *Schizaeoisporites* 占优势的泰州组孢粉组合也反映了晚白垩世的特点。*Rugubivesiculites*，*Jiangsupollis*，*Jianghanpollis*，高腾粉等虽然为数不多，但也是泰州组的重要分子，因而认为泰州组的时代属于森诺期。总之，从以上各门类化石组合面貌来看，泰州组的时代应归属晚白垩世晚期为宜。

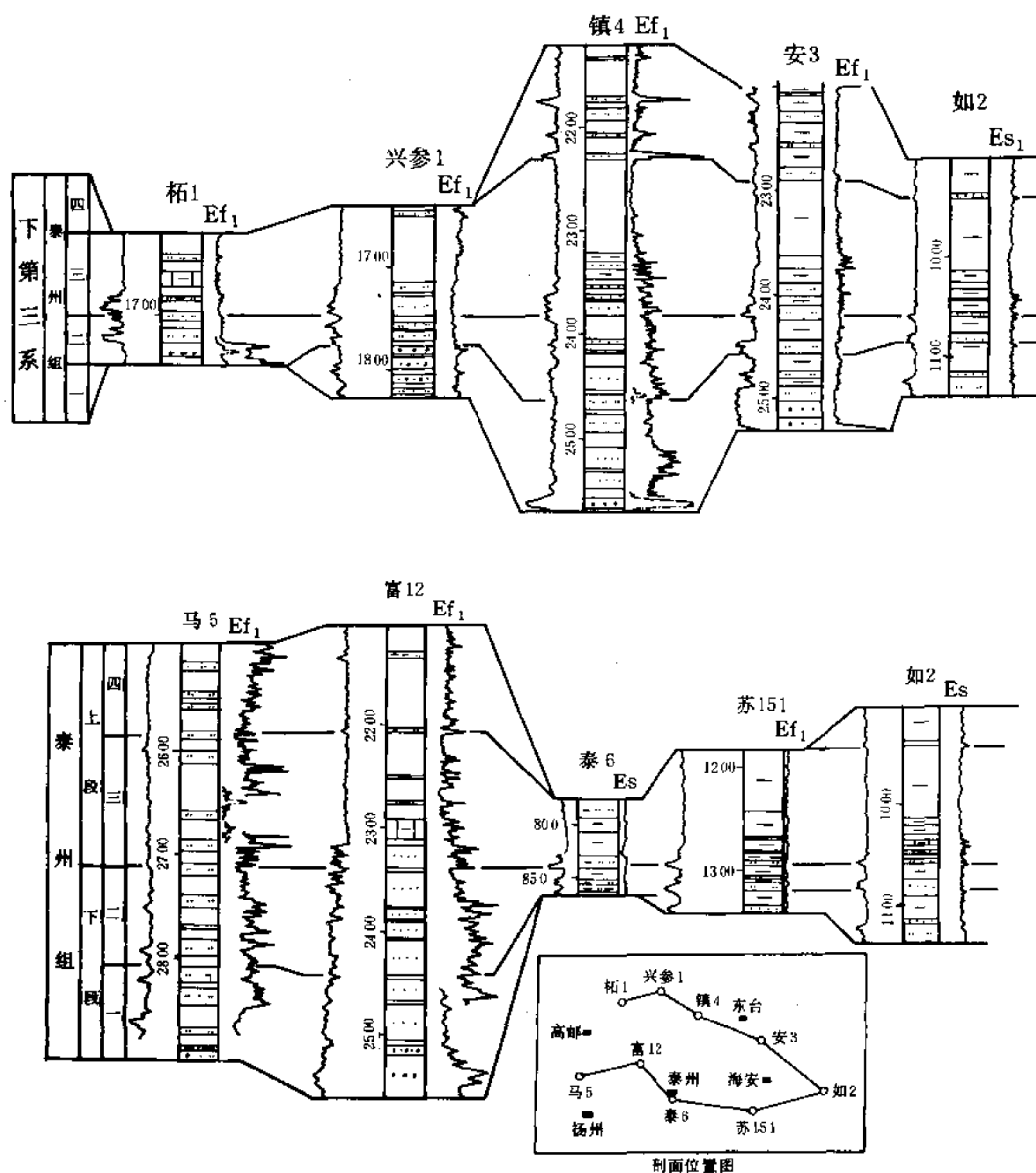



图 2-3-2 泰州组柱状对比图

我局长期来将泰州组的时代划归入古新世，一时难于变更，为了本卷在编写中的一致性，仍暂将泰州组置于早第三纪古新世。

## 二、阜宁组

广泛分布于苏北盆地各凹陷中的不同构造部位。盆地西南盱眙县和仪征县有零星露头。本组具下红上黑、下粗上细的沉积特征。根据岩性特征可分四段。最大厚度可达2000米以上，一般在1200～1600米。在凹陷中保存完好，在低突起和高断块则上部地层遭受不同程度的剥蚀。现自下而上分别述之。

*1. 阜一段*

以暗棕色砂、泥岩不等厚互层为特征，岩性变化大，砂岩发育地区是主要储集层之一。东台坳陷西部地区及盐阜坳陷北部地区岩性较粗，局部地区底部见砾岩，厚度变化大，一般为400～600米。盐城、海安等凹陷泥岩发育，普遍含星点状石膏。厚400～600米。在博镇地区上段下部常发育两层灰黑色低阻泥岩，分布范围广，是区分本组上、下两段的标志层。在洪泽凹陷上段为红色泥岩中夹厚层状岩盐层。闵桥、荻垛、海安等地区上部地层中夹多层玄武岩。

阜一段沉积时期以河湖相为主，生物贫乏，介形类仅见个别的 *Cypridea* 孑遗分子和少量 *Sinocypris haianensis* 海安中华金星介，*Eucypris belingensis* 北凌真星介等，坳陷东部地层中轮藻化石较丰富，主要有 *Gobichara alboides* 似白色戈壁轮藻，*Peckichara Varians* 变异培克轮藻，*Gyrogona wubaoensis* 吴堡扁球轮藻 *Grovesichara changzhouensis* 常州厚球轮藻，*Stephanochara huangjianensis* 黄尖冠轮藻，*Harrisichara poculiformis* 杯形哈氏轮藻等以及少量晚白垩世残存的 *Latochara curtula* 稍短宽轮藻等分子。孢粉以被子植物花粉占绝对优势（约80%），蕨类植物孢子和裸子植物花粉很少，带气囊的松柏类花粉含量很低，几乎缺乏。

泰州组上部在局部地区曾遭受不同程度的剥蚀；在马家咀、小纪一带阜一段见底砾岩，砾石成分中有泰州组的分子；从生物来看，阜一段的介形类、轮藻、孢粉等门类化石与泰州组的无论在属种类型和个体数量上属完全不同的生物面貌。这些现象综合反映出阜一段和泰州组之间曾经有过沉积间断，它们之间呈假整合或局部不整合接触关系。

阜一段的时代：以新生代分子占优热，并具有少量中生代的孑遗分子为特征的介形类、轮藻、孢粉等门类生物组合面貌，与我国华南地区早第三纪生物群貌相类似，因而将它置于古新世早期为宜。此外，对闵桥地区阜一段上部地层的三块玄武岩样品所测的绝对年龄分别为56.5、63.85、64.0百万年，进一步论证了阜一段时代为早古新世。

*2. 阜二段*

为一套暗色泥岩为主的沉积岩系，是盆地内有利的生油层段之一。下部为灰黑色泥岩夹生物灰岩和鲕状灰岩，盆地西部虫管灰岩发育。中部为深灰、灰黑色泥岩夹数层泥灰岩、油页岩和页岩，在视电阻率曲线上表现为7个明显的小尖峰，通称"七尖峰"，厚度一般为20～30米左右，全区广泛分布，成为区域性的对比标志。在金湖地区为灰黑色泥岩夹虫管和藻类化石为主的生物灰岩，是主要的储集层。在海安、溱潼凹陷为灰黑色泥岩夹有方沸石化凝灰岩、白云岩等。上部为较纯的灰黑色泥岩夹少量泥灰岩。总之，本段岩性相对稳定，仅在金湖凹陷西部龙岗地区夹少量灰白色砂岩，西北坡夹棕灰色泥岩。本段地层厚度西薄东厚，视厚度一般为200～350米。金湖地区小于150米。

本段生物繁盛，有介形类、鱼类、腹足类、多毛纲栖管生物、瓣鳃类、叶肢介、轮藻以及孢粉等化石。介形类属种繁多，数量丰富，保存完好。主要有 *sinocypris pulchara* 美丽中华金星介，*Parailyocypris obesa* 肥似土星介，*P. jiangsuensis* 江苏似土星介，*Ilyocypris*

*hanjiangensis* 邗江土星介，*I. yangzhouensis* 扬州土星介，*Homoeucypris bucerusa* 角状纯真星介，*Candona* （*Pseudocandona*） *tumida* 膨胀假玻璃玻璃介，*C.* （*Caspiocypris*） *propria* 特别里海金星玻璃介，*C.* （*Candoniella*） *ellipsoidea* 椭圆小玻璃玻璃介，*Cyprois xuyiensis* 盱眙柔星介等。

在坳陷西部刘庄、盱眙、闵桥一带，发育环节动物门多毛纲栖管化石，经鉴定为 *Acorrotrupa* sp. 簇管虫未定种，*Sinoditrupa* sp. 中华角管虫未定种，另外在仪征小河口、泰州低凸起南部都3井也见虫管灰岩。坳陷东部小海凸起西部金湖凹陷在油页岩层中见少量叶肢介 *Perilimnadia taizhouensis* 泰州迈渔乡叶肢介等。轮藻化石在这一时期不发育，化石贫乏，仅有少量的 *Peckichara*，*Stephanochara* 等。还有少量的鱼碎骨。孢粉化石中被子植物花粉占75～80%，裸子植物花粉次之，蕨类孢子很少。

与下伏阜一段呈整合接触，局部为假整合接触。

*3. 阜三段*

为灰黑色泥岩与浅灰、灰绿、灰白色粉细砂岩、砂岩互层。盆地内各地区砂岩发育程度不同。金湖凹陷西侧、盐阜坳陷以及柘垛地区砂岩极发育，难以进一步细分组。金湖凹陷西北斜坡的这套地层中见较多的褐色泥岩和灰绿、棕灰色砂岩。视厚度200～220米。溱潼凹陷、周庄、沙埝等地区，纵向上可分上、下两个砂岩组，中间夹一组较稳定的泥岩段。一般下砂岩组较发育。视厚度250～340米。金湖凹陷东侧刘庄、闵桥以及海安凹陷等地区，砂岩层数减少，仅上砂岩组有几个薄层砂岩外，下砂岩组中的砂岩已变成泥质粉砂岩或砂质泥岩。海安凹陷下砂岩组中夹数层灰黑色玄武岩。视厚度120～170米。高邮凹陷西部地区是本段的沉积中心，砂岩显著减少，几乎不存在渗透性砂岩。许庄、邵伯地区视厚度可达380米，公道桥一带为150～180米。

本段介形类化石的属种和数量上较阜二段沉积时期明显减少，而轮藻化石相对增多，其它门类仅见少量腹足类、瓣鳃类和鱼碎骨等。介形类化石以 *Sinocypris funingensis* 阜宁中华金星介，*Eucypris stagnalis* 沼真星介，*Candona*（*Caspiocypris*） *modesta* 平静里海金星玻璃介为主。本段下部在某些地区仍见有阜二段末期少数属种的延续，如 *Ilyocypris yangzhouensis* 扬州土星介，*Parailyocypris jiangsuensis* 江苏似土星介等。轮藻化石较阜二段时期繁盛，以冠轮藻和培克轮藻达到极盛时期。主要分子有 *Gobichara deserta* 荒漠戈壁轮藻，*Stepanochara jiangsuensis* 江苏冠轮藻，*S. funingensis* 阜宁冠轮藻，*Peckichara longa* 长形培克轮藻，*Grovesichara changzhouensis* 常州厚球轮藻，*Neochara sinuolata* 微波状新轮藻等。

与下伏阜二段呈整合接触。

*4. 阜四段*

各凹陷沉积情况略有差异，一般岩性可分上、下两部分。下部为灰、灰黑色泥页岩与软泥岩互层，或者是泥岩、软泥岩与灰质泥岩互层。韵律性强，电阻率曲线上一般由12～14个波浪起伏的小韵律组成，常称"弹簧段"，为区域性对比标志层。少数地区有变化，例如溱潼凹陷下部韵律层中夹薄层砂岩，金湖凹陷西侧龙岗地区砂岩发育，仅残存几个韵律层外，均相变为砂、泥岩互层，与阜三段难于区分。盐城凹陷与龙岗地区类似为砂、泥岩互层段。视厚度最厚可达220米，一般在100～150米之间，刘庄、海安等地区厚仅50～60米。

上部灰、灰黑色泥岩、页岩夹少量薄层泥灰岩、白云岩，分布稳定，局部地区灰质岩集中，例如高邮凹陷西部、黄珏、马家咀一带。盆地边缘常夹薄层粉细砂岩，泥岩颜色变淡，

常为灰绿色、褐灰色，少数地区顶部见少量红棕色泥岩，盐城凹陷南洋次凹（苏 89 井）以及沙埝地区阜四段上部地层中夹辉绿岩或玄武岩。凹陷中地层保存齐全。视厚度可达 300～400 米，一般 250 米左右，低凸起、高断块部位地层遭不同程度的剥蚀。本段暗色泥岩发育，是盆地的主要生油层段之一。

本段含丰富的介形类化石，共生有叶肢介、腹足类、鱼碎骨、轮藻、盘星藻等。介形类属种类型和阜三段沉积时期基本一致，但个体数量极为丰富，是中华金星介属的又一个极盛时期，主要有 *Sinocypris funingensis* 阜宁中华金星介， *S. multipuncta* 细网纹中华金星介，Ilyocypris hexatuberosa 六结土星介，*Eucypris subtriangularis* 近三角形真星介等。阜四段顶部灰黑色泥岩、钙质粉细砂岩和泥灰岩薄层中介形类主要有大量的 *Neomonoceratina bullata* 膨胀新单角介和较多的 *Ilyocypris obesa* 肥土星介， *Candona* （*Candona*） *subcomibo* 近愉伴玻璃玻璃介、*C.* （*C.*） *bellula* 美玻璃玻璃介等。叶肢介为 *Fushunograpta changzhouensis* 常州抚顺彫饰叶肢介往往与介形类 *Cyprois* 属共生，与 *Neomonoceratina bullata* 交互出现。轮藻化石面貌与阜三段沉积时期基本一致，但化石数量和种类较稀少。孢粉化石与阜三段的特征相同，被子类花粉约占 55%，裸子类花粉约 35%，蕨类孢子约 10%。山龙眼粉连续出现，带气囊的松、柏类花粉增多，杉粉明显增加。

阜二～四段所含主要的微体化石门类均反映了中生代分子已基本绝灭，代之而起的是大量新生代分子。阜二～四段所含古生物与我国华南地区的晚古新世地层，例如广东南雄盆地的浓山组，可以对比，浓山组产丰富的以较原始的假古猬类和北柱兽类为代表的晚古新世哺乳类动物群，故将其时代归属古新世晚期较为适宜。关于阜二～四段的时代归属，尚存在不同认识（详见表 2–3–1），今后尚需进一步工作。

**表 2–3–1　阜宁组时代归属对比表**

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">地 层</th><th rowspan="2">中国地质<br>科学院<br>1982</th><th rowspan="2">地质矿产部<br>（中国的第三系）<br>1984</th><th colspan="3">南京地质古生物研究所<br>1982</th><th colspan="3">江苏石油勘探局研究院<br>古生物组　1986</th></tr>
<tr><th>介形类</th><th>轮　藻</th><th>孢　粉</th><th>介形类</th><th>轮　藻</th><th>孢　粉</th></tr>
<tr><td rowspan="4">阜宁组</td><td>四</td><td rowspan="4">古新世</td><td rowspan="4">古新世</td><td rowspan="3">始新世</td><td rowspan="3">早始新世</td><td rowspan="2">始新世晚—中期</td><td rowspan="3">晚古新世</td><td rowspan="3">早始新世</td><td rowspan="2">始新世晚—中期</td></tr>
<tr><td>三</td></tr>
<tr><td>二</td><td rowspan="2">始新世早期—古新世</td><td rowspan="2">始新世早期—古新世</td></tr>
<tr><td>一</td><td>古新世</td><td>古新世</td><td>早古新世</td><td>古新世</td></tr>
</table>

## 三、戴南组

主要分布于金湖、高邮、溱潼以及海安部分凹陷中，盐城、洪泽两凹陷中心部分亦有分布，地表露头仅见于江浦县浦镇林场猪头山一处。戴南组于高邮凹陷发育齐全，视厚度可达 1500 米左右，金湖凹陷其次，可达 800～1000 米，其它凹陷厚 200～500 米不等。本组砂岩发育，是苏北盆地的主要储油层系之一，其下段细、黑，上段粗、红的特点，含有 3～5 层

低电阻灰黑色泥岩，称“五高导泥岩段”，分布广，层位稳定，是戴南组一、二段分界的依据。

*1.* 戴一段

下部以深灰、灰、暗紫色泥岩、砂质泥岩为主，与浅灰、灰色细砂岩、含砾不等粒砂岩、砾状砂岩呈不等厚互层。中部以暗紫色泥岩、灰、浅棕色不等粒砂岩、粉砂岩呈不等厚互层。上部为低电阻灰、深灰色泥岩夹深灰色粉砂岩、暗紫色砂质泥岩，即“五高导泥岩段”。本段岩性横向变化大。高邮凹陷许庄地区底部砾岩发育，上部仅有两层低阻软泥岩，永安、富民、花家庄、卸甲庄一带下部砂泥岩发育，樊川、邵伯深凹内，以及真武、陈堡、河口等地区下部泥岩发育。溱潼凹陷具东北方向粗、西南方向细的沉积特征，戴南、草舍、莫家庄一带下部岩性粗，块状砂岩、含砾砂岩和砂砾岩发育，溱潼一带下部为砂、泥岩互层，叶甸以西，上、下部均发育灰黑色、暗褐色泥岩，因而与阜四段没有明显的界线。海安凹陷大致与溱潼凹陷东部地区相同。金湖地区上部低阻泥岩段仅在东部地区可与高邮凹陷对比，西部岩性粗，已变为砂、泥岩互层，颜色变红较杂，地层厚度变化大。

戴一段与阜四段在凹陷中心为连续沉积，在盆地的边缘斜坡带为假整合接触，局部地区为不整合接触。

戴一段沉积早期湖盆收缩，水体变浅，生物以浅水类型为主。介形类化石属种单调，数量明显减少，含较丰富的腹足类、轮藻化石以及少量的瓣鳃类，此外还见较多的植物炭化碎屑，还有垂直虫迹、虫管等。介形类以 *Cypris decaryi* 德卡里金星介，Sinocypris reticulata 网纹中华金星介，Eucypris sp. 真星介未定种为主，少量 *Ilyocypris gaoyouensis* 高邮土星介，*Limnooythere hubeiensis* 湖北湖花介。轮藻化石主要有 *Neochara huananensis* 华南新轮藻，*N. magna* 高大新轮藻，*Obtusochara longicoluminaria* 长柱形钝头轮藻，*Grovesichara changzhouensis* 常州厚球轮藻，*Peckichara longa* 长形培克轮藻等，在高邮凹陷南部化石最为丰富。腹足类在马家咀地区获得 *Bithynia hanjiangensis* 邗江豆螺，*Gyraulus* sp. 小旋螺未定种，*Amnicola jintanensis* 金坛河边螺，*Pseudamnicola opima* 丰富假河边螺，*Parhydrobia* sp. 近水螺未定种，*Palaeancylus* sp. 古楯螺未定种等。孢粉化石蕨类植物孢子很少，裸子植物花粉中 *Taxodiaceaepollenites* 杉粉属和 *Inaperturopollenites* 无口器粉属含量增加，被子植物花粉中以 *Ulmipollenites minor* 小榆粉，*Caryapollenites triangulus* 三角山核桃粉等出现较多，除上述分子外，本段还存在一些阜宁组的孑遗分子，如 *Parcisporites parvisaccus* 原始皱囊粉，*Proteacidites adenanthoides* 沃氏山龙眼粉，*Lonicarapollis* 忍冬粉属等。此外，还有鱼牙、鱼碎骨、鱼科喉齿、？咽脂鱼喉齿等及瓣鳃类 *Eupera* cf. *sinensis* 中华环蚬（比较种）。

*2.* 戴二段

沉积范围较戴一段时期缩小，纵向上岩性具三分性，由砂、泥岩构成粗、细、粗三段。下段为暗棕、棕、紫红、灰缘色泥岩、砂质泥岩夹浅灰色粉砂岩、泥质粉砂岩互层的粗段。中段以暗棕、棕、紫红色泥岩、砂质泥岩夹浅灰色泥质粉砂岩，以泥岩为主的细段。上段以暗棕色泥岩、砂质泥岩、泥质粉砂岩与浅灰色粉砂岩互层。横向上岩性变化较大，永安、富民、花家庄、卸甲庄一带；金湖凹陷西部地区及溱潼凹陷叶甸以东砂岩发育。洪泽凹陷含石膏层。许庄等地区岩性变粗，以杂色砾岩、含砾砂岩与紫红色泥岩不等厚互层，真武—苏66井一带以及陈堡地区、溱潼凹陷叶甸以西岩性变细、泥岩增多，真武南部戴二段上部石膏层比较发育，祝庄地区亦见石膏质砂岩。海安仅局部地区有保存外，大部遭受剥蚀。本段

厚度一般为 300～400 米，最大视厚度可达 800 米。

戴二段和戴一段为连续沉积。

本段化石群貌与戴一段大致相似，孢粉化石群貌与戴一段的区别是阜宁组一些孑遗分子明显地减少到完全缺失。

戴南组沉积时期的各类生物组群与阜宁组沉积时期的明显不同，以 *Sinocypris funingensis* 为主的介形类生物群这时期几乎完全消失，代之而起的是以 *Cypris decaryi, Sinocypris reticulata* 为主的化石组合，化石个体大，壳壁厚，反映一种浅水较动荡的生态环境。轮藻化石以一套具波状起伏和瘤状装饰的大型个体为主，特别是 *Neochara* 属大量繁盛，*Rhabdochara* 和 *Harrisichara* 也较发育，而 *Stephanochara* 和 *Peckichara* 比阜二～四段显著衰退，孢粉组合以 *Taxodiaceaepollenites* sp.，*Betulaceoipollenites* sp.，以及 *Caryapollenites* sp. 等属含量较高为特征，其中 *Taxodiaceaepollenites hiatus* 大量出现而与阜宁组时期不同。戴南组的化石群貌与南阳盆地的玉皇顶组、江汉盆地的新沟咀组等地层可以对比。河南李官桥盆地的玉皇顶组产 *Asiocoryphodon conicus, A. lophodontus, Manteodon flerowi* 等哺乳类化石，时代为始新世早期，共生的介形类、轮藻化石与戴南组相似，因此将戴南组的时代归属始新世早期。

**四、三垛组**

分布于苏北盆地各凹陷和低凸起上，分布范围较阜宁组小，而又较戴南组沉积范围大、自下而上发育了两个粗细相间的正旋回，即垛一段和垛二段。凹陷中沉积厚度大，边缘及低凸起厚度小，其中高邮凹陷、樊川深凹厚 1400 米，金湖、曲塘凹陷厚达 1000 米，溱潼凹陷厚达 700～800 米，盐阜坳陷最厚 500 多米。东台坳陷西部岩性粗、颜色红，几乎不夹暗色地层，东部细，含较多的暗色或灰绿色地层。

*1. 垛一段*

高邮凹陷、樊川深凹视厚度可达 670 米，自下而上根据岩性可分下粗、中细、上较粗三部分。下部为灰色、浅棕色块状砂岩，含砾砂岩、砾岩夹薄层棕红色、灰绿色泥岩和一层厚 4～12 米的灰黑色软泥岩（低电阻），是区域性对比标志层。中部以浅棕色、紫红色泥岩为主，夹浅棕色中—厚层状砂岩；花家庄地区夹薄层灰黑色泥岩或页岩，真武、陈堡、周庄等地区夹一层或多层玄武岩。上部浅棕、紫红色泥岩与同色砂岩互层。高断块、低凸起部位常缺失中、上部地层，下部砂砾岩有超覆现象，视厚度一般为 200～600 米。金湖地区岩性变粗，颜色变红，标志层—灰黑色泥岩在部分地区已变为褐色泥岩，视厚度 150～500 米。溱潼凹陷泥质岩增多，砂岩相对减少，多呈中厚层状，下部黑色泥岩增多，单层厚可达 20～30 米，视厚度 200～350 米。海安地区为泥岩区，是一套棕色泥岩、含膏泥岩，下部夹少量薄层砂岩，边缘地区底砾岩发育呈块状。

垛一段与下伏不同层位地层的接触关系，在金湖、高邮、溱潼等凹陷内与下伏戴二段呈假整合或不整合接触，在曲塘次凹与戴一段不同层位呈不整合接触，在低凸起、高断块部位与阜宁组不同层位呈不整合接触，在泰州低凸起不整合于泰州组之上。

*2. 垛二段*

樊川深凹发育齐全，视厚度可达 750 米以上。中、下部为浅棕、棕灰色厚层—块状中细砂岩、粉砂岩夹薄层浅棕红、紫红色泥岩；上部岩性为浅灰色、灰绿、棕红色泥岩夹浅棕、灰色砂岩。金湖地区岩性变粗，砂岩含量增多，呈块状，缺失上部灰绿色泥岩，视厚度 400～650 米。涟水、阜宁凹陷缺失整个垛二段地层，溱潼、海安、盐城等凹陷岩性变细，上部泥

岩连续厚可达100～200米，以灰绿色泥岩为主并夹一层稳定的油页岩。

垛二段与下伏垛一段为连续沉积或假整合接触。

本段生物相对贫乏，垛一段和垛二段在生物特征上略有区别，特别是孢粉化石，反映出两种不同的群貌，垛一段孢粉化石中蕨类植物孢子很少，仅少量 *Obtusisporis* 褶缝孢属，*Deltoidospora* 三角孢属等，裸子植物花粉中 *Taxodiaceaepollenites* 杉粉属和 *Inaperturopollenites* 无口器粉属的含量很高，可达45%，而具气囊的松柏类花粉比戴南组减少，一般为10～15%，被子植物花粉中以 *Caryapollenites triangulus* 三角山核桃粉，*Ostryipollenites rhenanus* 莱茵苗榆粉 *Quercoidites microhenrici* 小亨氏栎粉，*Ulmipollenites minor* 小榆粉的含量较高。垛二段的孢粉化石中裸子植物花粉和蕨类植物孢子都很少，被子植物中以 *Quercoidites* 栎粉属，*Euphorbiacites* 大戟粉属，*Retitricolpites* 网面三沟粉属为主，裸子植物中以 *Ephedripites* 麻黄粉属较多，其中 *Ephedripites trinotus* 三助麻黄粉常见。蕨类植物孢子 *Deltoidospora* 三角孢属，*Plerisiporites* 凤尾蕨孢属的少数孢子经常见到，*Schizaeoisporites longus* 长形希指蕨孢和 *S. laevigataeformis* 光形希指蕨孢数量更少，有种属较多和一定数量的草木植物花粉。垛一段介形类以 *Echinocypris* sp.棘星介未定种的出现为主要特征，此外还有 *Limnocythere jiangsuensis* 江苏湖花介，*Cyprinotus*（*Heterocypris*）*jintanensis* 金坛异星美星介，*Eucypris jintanensis* 金坛真星介，*Cyprois amygdala* 杏仁柔星介等。垛二段以 *Cyprinotus*（*Heterocypris*）*jiangkouensis* 江口异星美星介大量出现为特征，共生有 *Limnocythere bozhenensis* 博镇湖花介，*L. jintanensis* 金坛湖花介，*Cyprois amygdala* 杏仁柔星介等化石。轮藻化石组群与下伏戴南组中所含的轮藻化石相比有明显的区别，扁球轮藻亚科突然减弱，整个组合基本上缺失具瘤饰的类型，化石个体小而光滑，主要有 *Obtusochara jianglingensis* 江陵钝头轮藻，*Gyrogona qiangjiangica* 潜江扁球轮藻，*Charites sadleri* 沙特勒似轮藻，*Grovesichara kielani* 基兰厚球轮藻，*Horrichara paralagenalis* 拟匏状兰青轮藻，*Amblyochara subeiensis* 苏北迟钝轮藻等。

*3. 时代归属*

关于三垛组的时代归属，因资料贫乏，研究程度较浅而认识不一。1986年以来，我们在垛一段获得了少量棘星介 *Echinocypris* 化石，这对于进一步认识三垛组的时代归属起了很重要的作用。棘星介在我国东部地区中始新世地层中广泛分布，层位稳定。河南南阳盆地的大仓房组，湖南洞庭盆地的德山组，湖北江汉盆地的荆沙组，山东济宁盆地的黄口组中段等地层中，都有此属分子的出现。与垛一段相对应的河南李官桥剖面大仓房组中产有中始新世典型的脊椎动物化石，从而将垛一段的时代归属中始新世。垛二段以江口异星美星介、博镇湖花介较富集，与湖北潜江组至荆河镇组下段、河南核桃园组至廖庄组、山西的河堤组介形类动物群特征相似。在河南李官桥盆地核桃园组含丰富的哺乳动物化石，其中多数分子与内蒙古晚始新世尹尔丁曼哈组中一些分子相同，因而与其相当的垛二段的时代应归属晚始新世较为恰当。垛一段下部的轮藻化石面貌与戴南组的面貌相近，反映垛一段时代较老，属早始新世晚期或中始新世早期。以潜江扁球轮藻、江陵钝头轮藻为特征的垛二段轮藻组合，可与江汉盆地荆沙组、渤海沿岸地区的沙四段、河南南阳盆地大仓房组等对比，其时代为中始新世，并认为三垛组与盐城组之间有一沉积间断。垛二段孢粉组合在我国中纬度地区普遍存在，如华北的沙河街二段、江汉盆地的荆沙组等中始新世—早渐新世地层，因而将垛二段归属晚始新世至早渐新世。垛一段的孢粉组合在横向上对比困难，根据地层的上下关系和垛一段含有较多的具气囊花粉，推测垛一段的时代为晚始新世。

关于三垛组的时代归属，目前认识尚不统一（详见表 2-3-2），本卷综合各种意见，暂将三垛组置于中—晚始新世。

**表 2-3-2　三垛组各门类时代归属对比表**

| | 介形类 | | 轮藻 | | 孢粉 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 南古所 1982年 | 江苏油田古生物组及南古所 1986年 | 南古所 1982年 | 江苏油田古生物组及南古所 1986年 | 南古所 1982年 | 江苏油田孢粉组及南古所 1986年 |
| 垛二段 | 渐新世 | 晚始新世 | 渐新世—晚始新世 | 中始新世 | 晚渐新世 | 早渐新世—晚始新世 |
| 垛一段 | | 中始新世 | | 中始新世早期或早始新世晚期 | 中渐新世 | 晚始新世 |

## 第三节　上第三系

上第三系盐城组地表已出露，主要分布于苏北盆地及其周缘。根据沉积旋回可分上、下两段。

### 一、盐一段

自下而上为灰白色砾岩，含砾砂岩，灰绿色泥质粉砂岩与棕红色泥岩，组成三个厚度不等的沉积旋回。成岩性差。含腹足类、瓣鳃类化石、植物碎片。涟水地区煤田井下见泥灰岩和褐煤夹层。江都—博镇—小海一带夹 10～80 米的玄武岩层。沉积厚度各凹陷不一，金湖凹陷内仅东部地区有沉积，西部龙岗地区未接受沉积，视厚度 0～392 米；高邮凹陷盐一段西薄东厚，其中樊川深凹发育齐全，视厚度 300～750 米；溱潼及海安凹陷视厚度 350～720 米。

与下伏地层的接触关系，在凹陷中呈微角度不整合于垛二段之上，而在高断块地区则不整合在垛一段和垛二段之上。

### 二、盐二段

黄绿、灰绿、灰白色少量棕红色粘土岩、粉砂质粘土岩与砂岩、含砾砂岩、砾岩略等厚互层。具西薄东厚特征，金湖凹陷视厚度 117～526 米，高邮凹陷视厚度 290～740 米，溱潼凹陷视厚度 470～840 米，海安凹陷 662～887 米，白驹凹陷 890～1020 米。

盐二段与下伏地层的接触关系，在凹陷中假整合于盐一段之上，在盆地边缘不整合于阜宁组不同层位之上，在隆起区披覆在老地层之上。

盐城组地层中介形类化石不丰富，属种稀少，主要有 *Ilyocypris subcornae* 近柯氏土星介，*I. radiata* 放射土星介，*Candona* (*Candona*) *subcuta* 近锐玻璃玻璃介，*Eucypris deformis* 畸形真星介等。轮藻化石盐一段以 *Maedlerisphaera chinensis* 中华梅球轮藻，*Sphaerochara granulifera* 粒形球状轮藻，*Amblyocharasubeiensis* 苏北迟钝轮藻，*Hornichara paralagenlis* 拟瓶栾青轮藻等为主，盐二段含 *Tectochara meriani* 梅里安有盖轮

藻，*Amblyochara subeiensis* 苏北迟纯轮藻 *Meadlerisphara ulmensis* 乌尔姆梅球轮藻等。江苏北部泗洪一带，在下草湾组和泗洪组地层中含丰富的鳙鲶类化石。孢粉化石蕨类植物孢子以 *Ceratopteris* 水蕨属，*Pterisisporites* 风尾蕨孢属为主，裸子植物花粉中具囊松柏类花粉占 15～30%，其中又以 *Pinuspollenites* 双束松粉属和 *Piceaepollenites gigantea* 大云杉粉占优势，被子植物花粉主要为 *Caryapollenites* 山核桃粉，*Quercoidites* 栎粉，*Ulmipollenites undulosus* 波形榆粉等。草本植物花粉种类和数量明显增加，其中以 *Convolvulus* 旋花属最多。综合各门类生物特征，将盐城组的时代暂归属中、上新世，但不排除盐一段早期有可能属于渐新世。由于对盐城组尚未系统进行古生物研究工作，故时代归属尚待今后深入研究。

## 第四节　第　四　系

本区第四系东台组由于资料缺乏，仅作一般介绍。

东台组分布范围广，下部为褐黄、土黄及灰绿色粉砂质粘土、粘土、泥质粉细砂岩，砂砾岩，粘土中含铁锰质结核，底部为砾石层。上部为杂色粘土、粉砂质粘土及泥质粉砂层，岩性和厚度具西粗、薄和东细、厚的变化特点。东部海相层增多，含有丰富的有孔虫、腹足类和介形类化石，为海陆交互相沉积，最厚可达 329 米。与下伏地层呈假整合接触。

本组生物丰富，介形类有 *Ilyocypris subelliptica* 近椭圆形土星介，*Candona* (*Pseudocandona*) *fengxiaensis* 丰县假玻璃玻璃介，*Cypria yanchengensis* 盐城丽星介，*Limnocythere subsanctipatricii* 近圣贵湖花介等陆相淡水介形类以及由 *Trachyleteris scabrocuneata* 粗楔粗面介，*Echinocythereis bradyi* 布氏棘星介，*Tanella opima* 丰满陈氏介，*Neomonoceratina dongtaiensis* 东台新单角介等组成的滨海相介形类。反映了我国东部第四纪至现代海陆交替的河湖、滨海相生物群标志。轮藻化石稀少，化石往往未经交代，保存了十分完好的黑褐色富有弹性的受精卵膜。主要产 *Charites molassica* 磨拉士似轮藻、*Grambastichara erecta* 直立格氏轮藻和 *Lychnothamnites yenchengensis* 盐城似松轮藻等。孢粉化石为蒿属、藜科—单缝孢组合。松科含量 8.7～26.6%，冷杉属和云杉属含量少，为常见分子。水龙骨科和三叉蕨科的单缝孢有所增加，占 6.6～10.2%，阔叶树种中有一定数量的桦科，壳斗科和榆科等花粉，草本植物占 22.9～39.4%。如蒿属、藜科、菊科等含量增多。

# 第四章 构 造

## 第一节 区域构造概况

### 一、大地构造位置

对于苏北盆地的大地构造位置，国内外不同学派有着不同的论述。

按照槽台学说的观点，苏北盆地处于华北地台区和华南地台区的过渡地带，北邻华北地台的鲁苏隆起，南近华南地台的江南地轴，是华南地台区下扬子准地台上发育起来的中、新生代断陷盆地，西北与华北盆地，东南与东海盆地相遥望。

按照板块学说的观点，它是太平洋板块与欧亚板块冲撞带西侧，中国板块东缘的板内断陷—坳陷盆地。

按照地质力学的观点，它是中国东部新华夏"多"字型构造体系中第二隆起带上的中、新生代沉积盆地；较第二沉降带上的华北盆地偏东，多数人认为属第一沉降带的范畴。

为了阐述、分析构造时引用资料方便起见，本卷仍以传统的槽台观点进行编图和论述。

苏北盆地是苏北—南黄海盆地的陆上部分，面积约35000平方公里。北邻鲁苏隆起，南邻苏南隆起。盆地内部的滨海隆起与海上的中部隆起相连；陆上的盐阜坳陷、东台坳陷向海域延伸与南部坳陷相接；这些隆起、坳陷与海域的北部坳陷，陆上的建湖隆起共同组成了统一的苏北—南黄海盆地（图2-4-1）。

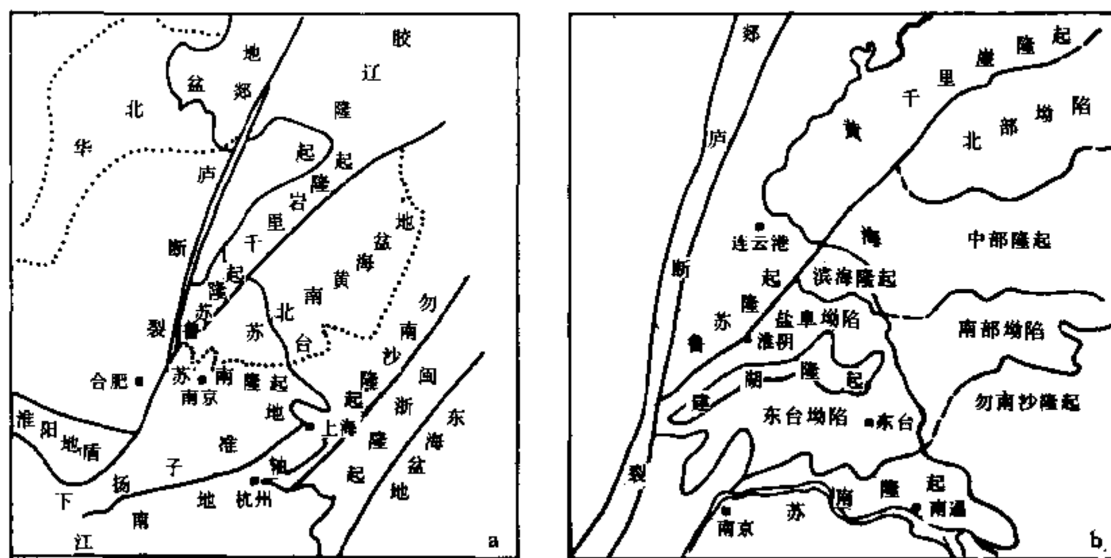



图2-4-1 苏北—南黄海盆地区域构造位置图（a）及海、陆间各构造关系图（b）

### 二、郯庐断裂与盆地展布

苏北盆地西邻郯庐断裂。这是一条纵贯我国东部大陆边缘、规模巨大的北北东走向的深

断裂。它的地质发展历史极其远久和复杂，中、新生代以来，三叠纪—侏罗纪以平移位错活动为特征，时而右旋位错，时而左旋位错，相对位移幅度达数百公里；白垩纪末期，以张裂活动居主导地位；晚第三纪至第四纪时，断裂带出现新的东西向挤压。

由于郯庐断裂巨大的平移活动，使其两侧形成一系列断陷盆地和褶皱隆起。苏北盆地就是在大规模水平位移、地壳失去平衡情况下形成的补偿盆地之一。

苏北盆地的许多重要构造特征直接受到郯庐断裂的控制。分布在郯庐断裂东侧的望江、潜山、无为、沭阳等盆地与苏北盆地同期发育于白垩纪—第三纪，并以同向走向（北东），右行雁行排列，显然受同一应力场所控制（图2-4-2）。苏北盆地西南窄（约80公里），东北宽（约200公里），呈帚状分布；盆地槽线与郯庐断裂呈30°交角；构造走向近郯庐断裂处为北东向，远离后转为北东东到近东西向；这种展布规律和郯庐断裂的活动性质密切相关。

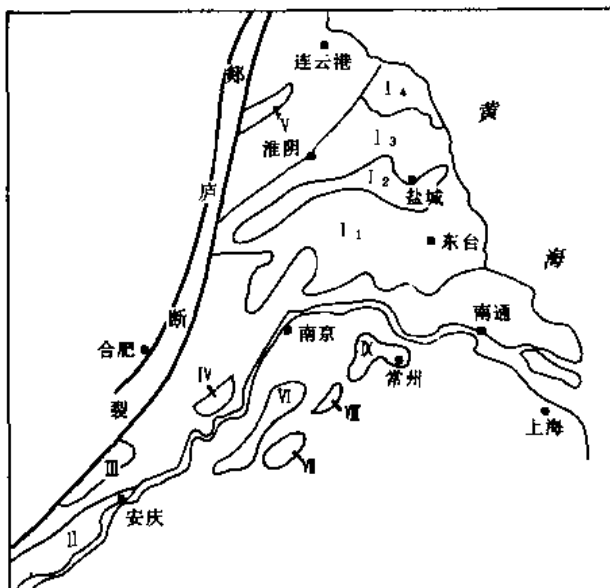



图2-4-2 郯庐断裂东侧中、新生代盆地展布图
Ⅰ—苏北盆地；$Ⅰ_1$—东台坳陷；$Ⅰ_2$—建湖隆起；$Ⅰ_3$—盐阜坳陷；$Ⅰ_4$—滨海隆起；Ⅱ—望江盆地；Ⅲ—潜江盆地；Ⅳ—无为盆地；Ⅴ—沭阴盆地；Ⅵ—南陵盆地；Ⅶ—宣城盆地；Ⅷ—南渡盆地；Ⅸ—常州盆地

## 第二节 区域构造特征

### 一、基底构造

苏北盆地的基底是前震旦系陆壳。它是在一个晚太古—早元古代稳定地块南侧的边缘活动带上发展起来的。边缘带堆积了经受区域变质的细质碎屑岩、镁碳酸盐岩及酸性火山岩建造，超覆在强烈混合岩化的复理石及细碧—石英角斑岩建造夹少量碳酸盐岩及铁质石英岩之上。随着多次的构造运动，地块不断增生和固化，演变成中国古陆台的一部分。晚元古代时，随着古中国陆台的解体，形成后来扬子地台的发展。在其后的活动中，发展为被郯庐断裂带、鲁苏隆起、苏南隆起三个区域构造单元所夹持的中、新生代沉积盆地。它的演化过程、构造特征也直接受到这三个构造单元的影响。

*1. 盆地的壳幔形态*

从苏北地区地壳厚度等值线图（图2-4-3）可清晰地看出，苏北盆地的壳幔形态为一宽缓的东薄西厚的碟状体。北起连云港，南至扬州；西起安徽的嘉山，东到南黄海之滨，为36公里的等值线所圈闭。区内地壳厚度变化不大，一般为36～37公里，变化幅度仅1公里。

*2. 盆地的结晶基底形态*

从苏北盆地结晶基底埋深图（图2-4-4）看，等深线分布有明显的方向性。淮阴、

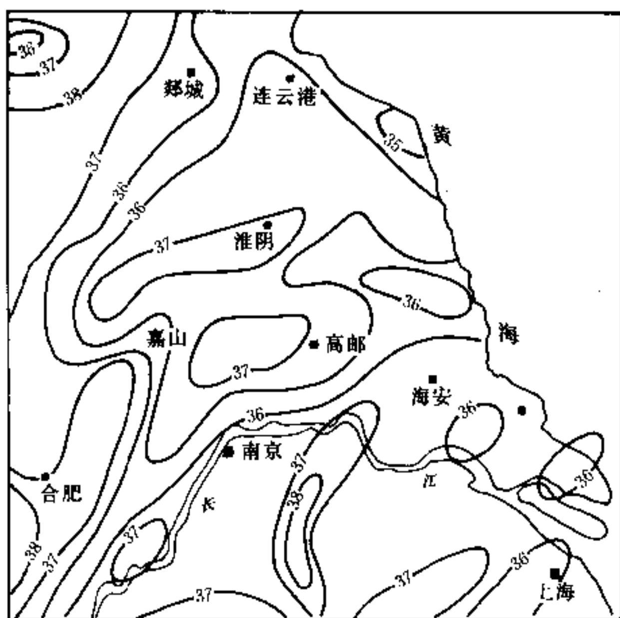



图 2-4-3　苏北地区地壳等厚图

(等厚线单位为 km)

建湖、盐城以南，六合、扬州以北，以东西向为主。泰州、兴化、滨海以东，以北东向为主。结晶基底顶部最大埋深在建湖、盐城以北，有 12～14 公里。高邮、泰州地区有 10～12 公里。最大隆起区在宝应至淮阴、金湖至兴化，埋深为 5～6 公里。

盆地北部边界—淮阴—响水断裂，在结晶基底埋深图上清晰可见，说明该断裂为基底断裂。盆地南部边界断裂则显示不清。

*3. 盆地的古侵蚀面形态*

苏北盆地古侵蚀面反映了印支运动侵蚀面。图 2-4-5 为古侵蚀面埋深图，它较好地显示了苏北盆地两坳两隆的构造格局，即盐阜坳陷、东台坳陷和建湖隆起、滨海隆起。盐城、建湖以北以 5～7 公里的等值线反映出盐城、

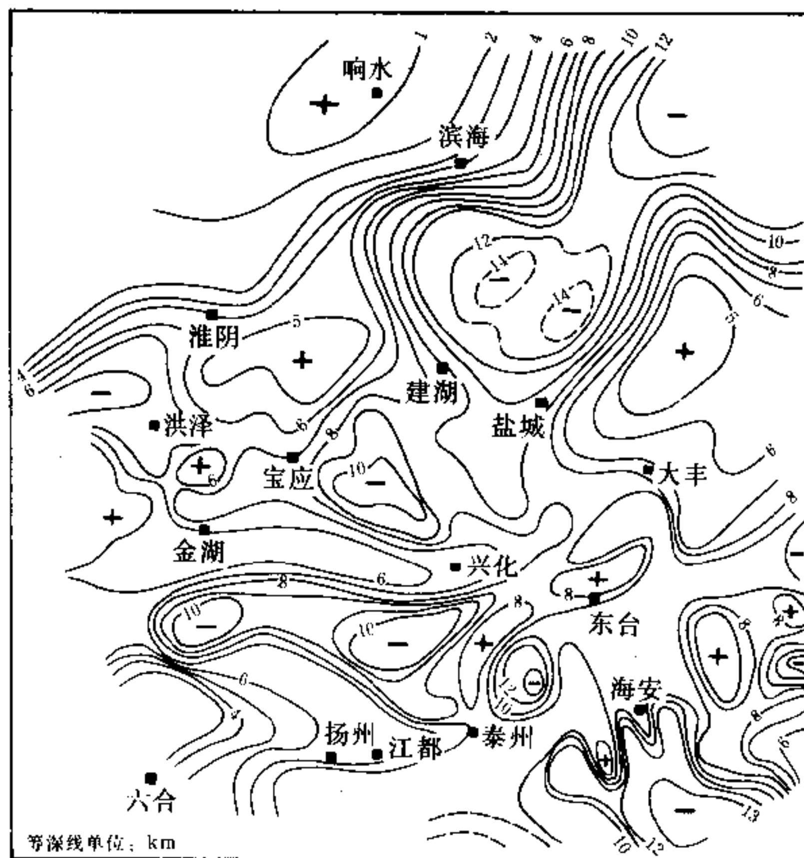



图 2-4-4　苏北盆地结晶基底埋深图




图 2-4-5　苏北盆地古侵蚀面（印支面）埋深图

阜宁等次级负向构造带。洪泽、大丰以南以 8～10 公里的等值线反映出金湖、高邮、溱潼、海安等次级负向构造带。洪泽—盐城、滨海—射阳一带以 1～2 公里的等值线展现出一近东西向的高带。此外，分隔各次级构造带的北东向断裂已经产生，盆地内凹凸相间的构造格局已初具规模。

## 二、盆地边界及边界断裂

北东向断裂是盆地（坳陷区）与隆起区的主要分界线，也是形成单断坳陷和单断凹陷的主断裂。

区内断裂有十多条（见表 2-4-1 及图 2-4-6），多为北东

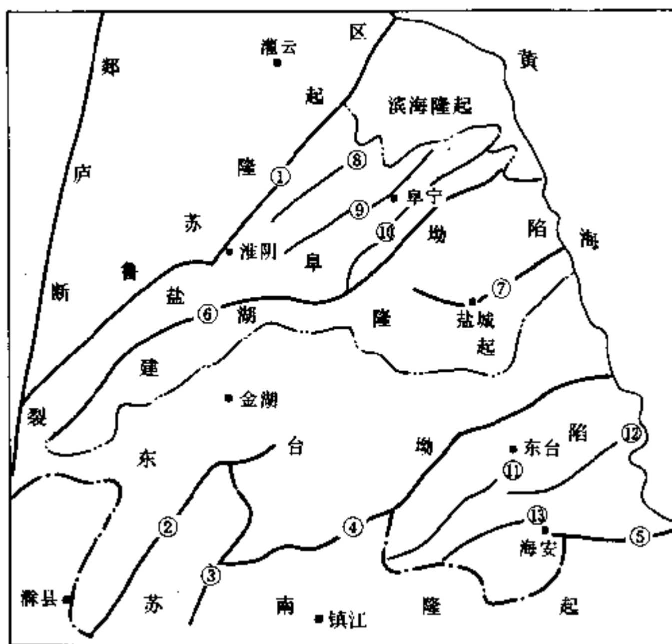



图 2-4-6　苏北盆地主要断裂展布图
（图中编号代表之断层名称同表 2-4-1）

表 2-4-1　苏北盆地主要断裂要素表

| 序号 | 名称 | 长度 (km) | 走向 | 倾向 | 倾角 | 断距 (m) | 资料依据 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 淮阴—响水断裂 | 230 | NE | SE | 30°～45° | $T_g$ 2500 | 地面露头、重力、磁力、地震及钻井资料均证实断层存在 |
| 2 | 杨村断裂 | 110 | NE | NW | 30°～45° | $T_g$ 1500 | 重力、地震、钻井资料均证实 |
| 3 | 六合断裂 | 70 | NE | SE | 50°～70° |  | 重力、地震资料均可证实 |
| 4 | 江都—吴堡断裂 | 190 | NE | NW | 20°～50° | $T_3^3$ $T_g$ 2000 | 重力、地震、钻井资料均证实 |
| 5 | 海安—南港断裂 | 50 | 近 EW | 近 N | 20°～35° | $T_g$ 2000 | 重力、地震资料证实 |
| 6 | 洪泽—下王港断裂 | 230 | NE | NW | 30°～45° | $T_g$ 2000 | 重力、地震、钻井资料证实 |
| 7 | 盐城断裂 | 70 | NEE | NNW | 30°～50° | $T_g$ 4500 | 重力、地震、钻井资料证实 |
| 8 | 涟水断裂 | 40 | NE | NW | 30°～45° | $T_3^3$ 800 | 重力、地震、钻井资料证实 |
| 9 | 苏家咀断裂 | 80 | NE | NW | 30°～40° | $T_4^0$ 600 | 重力、地震、钻井资料证实 |
| 10 | 蛤蜊港断裂 | 80 | NE | NW | 30°～45° | $T_4^0$ 1700 | 重力、地震、钻井资料证实 |
| 11 | 泰州断裂 | 60 | NE | NW | 45°～60° | $T_4^0$ 4000 | 重力、地震、钻井资料证实 |
| 12 | 富安断裂 | 60 | NE | NW | 30°～60° | $T_4^0$ 1500 | 地震、钻井资料证实 |
| 13 | 泰县断裂 | 40 | NNE | SEE | 50°～70° | $T_4^0$ 3000 | 重力、地震、钻井资料证实 |

走向，少数为北北东或近东西向；延伸长度一般大于50公里，长者可达200公里；断距多在1000米以上，小者也有600米，大者可达4000米，普遍具有同生性质。这些区域断层对苏北盆地构造格局起着明显的控制作用。

*1. 盆地北界断裂*

淮阴—响水断裂：该断裂是鲁苏隆起区与苏北盆地的分界线。走向北东，断裂西端在安徽境内的上胡附近与郯庐断裂斜交，向东北经淮阴、响水口，于燕尾港入南黄海。陆上部分长达230公里。

该断裂已为大量钻井和物探资料所证实。断裂西北侧的鲍1（泗洪鲍集）、沭1、（沭阳大陆湖西）、沭2（沭阳胡集）等井，分别于789米、72.8米、103米见太古界胶东群片麻岩，王2井（淮阴附近）于187米见中元古界变质岩，灌云大伊山、伊芦山、西陬山及连云港东陬山均见胶东片麻岩露头。断裂东南侧的鲍2井钻至852米尚未钻穿阜一段，淮阴范庄的苏123井至2360米也未能钻穿浦口组，灌南大新集处的灌1井钻遇盐城、阜宁、泰州组地层后于1188米还未钻穿浦口组，响水口附近的滨3井于296米处见到震旦系轻变质砂岩和石灰岩。重力资料显示为北东向线型正负异常变化的密集梯度带，磁异常也有较清晰的界线。G44等地震剖面上（图2–4–7），该断层显示清楚，下降盘$T_2$、$T_3$、$T_4$、$T_g$反射波组齐全（代表层位见表2–4–2），中、新生界厚达2000多米，上升盘因胶东群片麻岩埋深不超过500米，故剖面上无任何反射，据断面波及反射终断点分析，断面倾角在45°左右。

该断裂伸入黄海后沿千里岩隆起南缘继续向北东方向延展，断裂总长度大于500公里。断裂西北侧为古老的隆起区，太古界胶东群深变质岩系广泛分布，震旦系至三叠系缺失，侏罗系至第三系零星分布；断裂东南侧为沉降区，见元古界张八岭群浅变质岩系及其上覆之南相震旦系地层。震旦系至三叠系广泛分布，盐阜坳陷及南黄海北部坳陷白垩系至第三系发育，断裂形成于印支期，燕山期至喜山期继续活动。上述资料表明，该断裂不仅是苏北—南黄海盆地的北界，而且是下扬子准地台与华北地台的分界。可以看出该断裂具有规模大、形成早、发育时间长，并控制白垩系地层沉积后新生界地层沉积的特点。

*2. 盆地南界断裂*

盆地南界断裂由四段组成，自西向东为杨村、六合、江都—吴堡、海安—南港断裂。作为盆地的南界，其西段与张八岭隆起相接处和中段江都以东至如皋是否有边界断裂存在，目前尚无可靠资料佐证。根据断裂平面展布图（图2–4–6），苏北盆地南部边界可能为一不相连续的断裂所控制。

（1）杨村断裂　该断裂是东台坳陷的金湖凹陷与苏南隆起的天长凸起之间的分界断裂，走向北东，倾向北西，东北端与六合断裂相交于杨村北。长约110公里。该断裂的存在已有大量钻井资料和物探资料所证实。在紧靠大断裂北部下降盘一侧的天深4井于井深2093米处钻遇奥陶系下统，其上为第三系阜一段；天深7井于1360.5米钻穿戴一段而进入中生界仅23米便见到了古生界二叠系；天深15井于1462米由戴一段进入侏罗系。位于该断裂中部上升盘的天浅5井，于278.5米井深钻遇白垩系浦口组，其上与垛一段接触，下伏侏罗系于366.5米见到；而位于该井西北不远处断裂上升盘的天浅4井则于219.23米钻穿盐二段进入浦口组，井底1004.74米尚未钻穿。地震剖面上，该断裂显示清楚，$T_g$反射波组所反映的断距达1500米左右，断面倾角30°～45°之间。重力异常显示为一北东走向的密集梯度带，与上述资料相吻合。

（2）六合断裂　该断裂走向北部为北西向，南部为北东向。延伸长度大于50公里。其

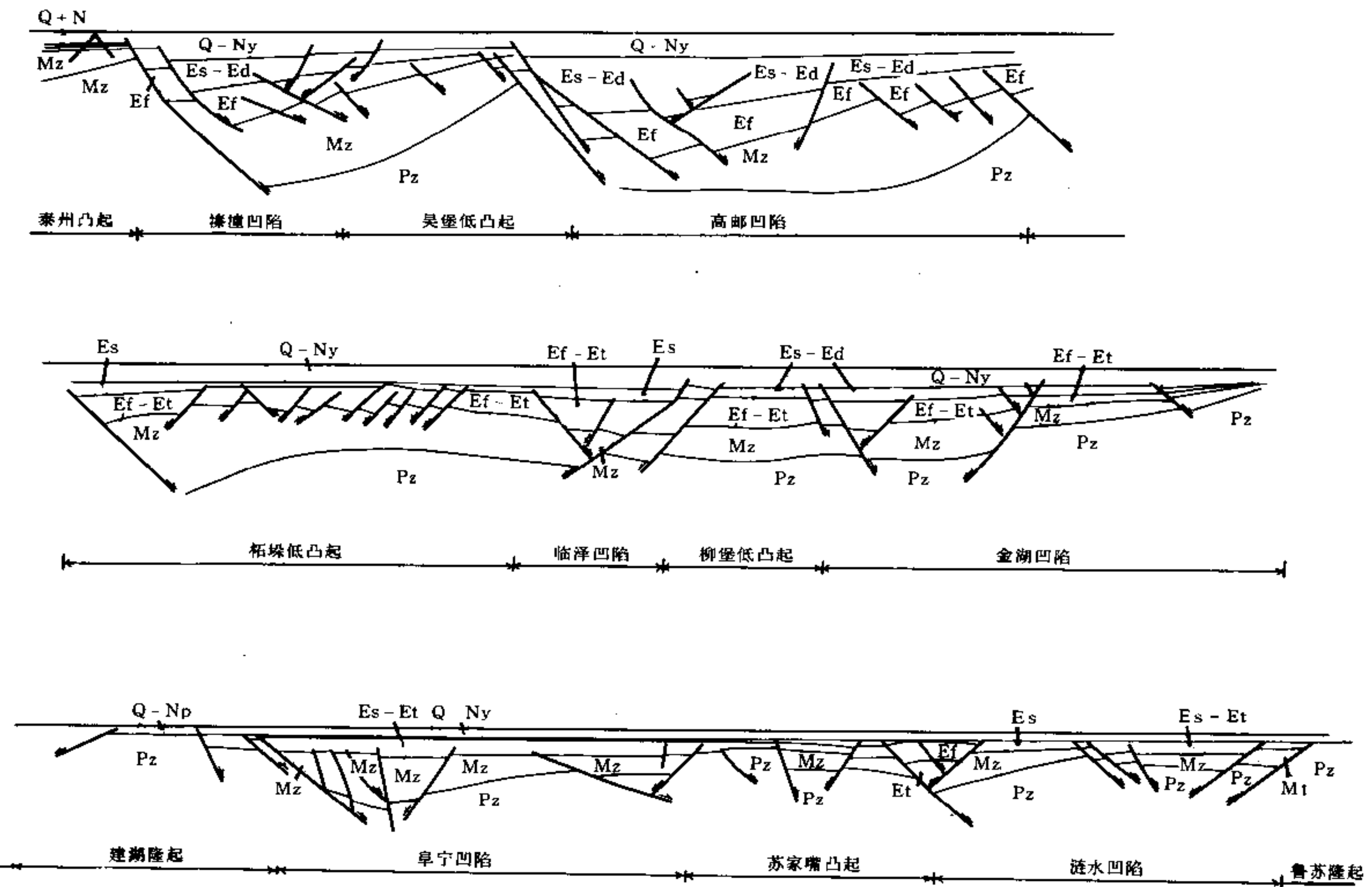



图 2-4-7　苏北盆地 G44 测线地质构造横剖面

断面倾向，北部为北东向，南段为南东向。该断层的存在在重力、地震及钻井资料中都得到了证实。例如，位于菱塘桥低凸起的天深8井，于井深1409米由戴一段进入浦口组，于2979米由浦口组进入侏罗系上统，浦口组厚达1570米。而位于断裂西南侧的天长凸起上的天浅4井，于井深219.23米由盐二段进入浦口组，天浅5井于井深366.5米由浦口组进入侏罗系上统，在冶山一带震旦系出露地表。布格重力异常显示出与杨村断裂相呼应的密集梯度带。该断层在地震剖面上的显示也是清楚的。断面波、反射波组终断等特征都很明显，从地震反射波组特征看，秦栏附近断层西侧（上升盘）中、新生界地层厚度不及1000米，且阜宁组、戴南组缺失，而断层东侧（下降盘）中、新生界地层则厚达5000米以上，且阜宁及戴南组保存较厚。

(3) 江都—吴堡断裂　该断裂西端与六合断裂相接于八百里桥东，走向近东西。东段自小纪以东走向转为北东向，并伸入东台坳陷成为高邮凹陷与吴堡低凸起之间的分界断裂，全长约166公里。该断裂在大量的地震及钻井资料中反映清楚，如G44地震剖面（图2-4-7）183000桩号处和G78地震剖面的198000桩号处。断面倾向为北及北西向，倾角20°～50°之间，断面上陡下缓。断裂北侧有巨厚的第三系和白垩系、古生界埋藏较深；南侧缺失下第三系，上第三系较薄，且直接披盖于中、古生界之上。断裂的展布与重力梯度密集带相吻合。

该断裂是由南北两条大致平行的主断层组成的一条断裂带，南边一条断层形成时间较早，断距大，是盆地的南界断层，称为1号断层；北边一条断层形成时间相对较晚，称为2号断层，西部与1号断层大致平行，向东至小纪附近，随着1号断层走向转为北东向而相交，向东北在陈堡南再次出现；1号、2号断层共同组成了高邮凹陷的南部断阶带。沿断阶带及2号断层北侧，即高邮凹陷南部，自西向东已发现了黄珏、真武、许庄、曹庄、肖刘庄、竹墩和周庄等油田或含油气构造。

(4) 海安—南港断裂　该断裂位于盆地南界最东段，走向近东西，断面北倾，长约50公里。重力、地震、钻井等资料都证实其存在，断裂南侧缺失下第三系，主要由中、古生界地层组成；断裂北侧，即海安凹陷下第三系发育，沉积厚度大。

*3. 盆地内次级构造单元间的分界断裂*

盆地内断裂的发育，对于现今构造格局的形成起着重要的控制作用，它们成为区内坳陷与隆起、凹陷与凸起或低凸起的边界断裂。

(1) 盐阜坳陷南界断裂　由两段组成：西段为洪泽—下王港断裂，东段为盐城断裂。

1) 洪泽—下王港断裂：该断裂全长230公里，是盆地内最长的一条断裂，走向北东，倾向北西，在其下降盘自西向东依次排列着洪泽凹陷、淮阴凸起、阜宁凹陷、蛤蜊港凸起、通洋港凹陷。断裂南侧为建湖隆起。该断裂于建湖以北伸入盐阜坳陷内成为通洋港凹陷与下王港凸起的边界断裂，最后交于射阳凸起。

大量的钻井、地质及地球物理资料为断裂的存在做了有效的证明。洪泽凹陷南部兴隆镇南的苏154井和北部顺河集北的苏72井位于断裂下降盘，井深分别为2416.136米和2709.0米，其井底地层分别为阜二段和阜一段，均未钻穿。位于断裂上升盘的洪1井（洪泽南），于井深110米钻穿盐二段后进入奥陶系。在西南端断裂上升盘的盱眙一带见有古生界及震旦系地层出露地表。在该断裂的中段，位于阜宁凹陷南部东桥附近的淮1井，井深为1001.29米，井底地层为浦口组，而位于断裂南侧的建湖隆起上的淮2井，井深268米钻遇奥陶系。大量的地震资料和重力资料也都证明了断裂的存在，而且吻合较好，如G44地震剖面（图

2-4-7）271000 桩号和 G78 地震剖面 277000 桩号处，$T_g$ 反射波组所反映的断距为 2000 米左右，断面倾角为 30°～45°之间。

2）盐城断裂：该断裂西段起于建湖东，向东经盐城有伸向黄海之滨的趋势，全长约 60 公里；走向北东东，断面倾向北北西。断裂北侧是盐城凹陷，南侧是建湖隆起。

该断层为大量的钻井和物探资料所证实。如紧靠断裂北侧的苏 95 井，于井深 2870 米钻穿泰州组而直接进入石炭系。苏 95 井北约 1500 米的苏 100 井，井深 3079.1 米，尚未钻穿阜一段。位于断裂南侧引水沟的引 4 井、引 6 井分别于井深 1028 米、1058 米钻穿上第三系盐城组后均见到了二叠系。该断裂在地震剖面上也有显示，其断面倾角 30°～50°之间，$T_g$ 反射波组所反映的断距大于 4500 米，布格重力异常以相同走向的梯度密集带与之相吻合。

（2）凹陷与凸起或低凸起间的边界断裂　此类断裂，盆地内共有 10 多条，只是规模大小不一。长度大于 35 公里、断距大于 600 米的有 6 条，这 6 条是泰州、涟水、苏家咀、蛤蜊港、泰县和富安断裂（见表 2-4-1）。

东台坳陷的泰州和泰县两条断裂，分别是泰州低凸起的北界和南界断裂。

盐阜坳陷的涟水，苏家咀和蛤蜊港三条断裂，分别是涟北凹陷和大东凸起、涟南凹陷与苏家咀凸起和阜宁凹陷与蛤蜊港凸起的边界断裂。

以上这些断裂都为大量的钻井、地震资料和重力资料所证实。如泰州断裂分别于 G44 和 G78 地震剖面的 164000 和 172000 桩号有清晰的显示；泰县断裂于 G78 剖面 157000 桩号处显示清楚；涟水断裂和苏家咀断裂分别在 G44 地震剖面的 313000 和 298000 桩号处有显示；蛤蜊港断裂在 284000 桩号处有显示（图 2-4-7）。

### 三、盆地演化特征

*1. 构造运动及构造层*

从大量地震剖面资料看，苏北盆地在上、下第三系间，下第三系中的戴南组和阜宁组间，下第三系与白垩系间以及印支面上，分别有 $T_2^0$、$T_3^0$、$T_4^0$、$T_g^0$ 等四个明显的不整合面反射，结合钻井等地质资料分析，它们分别为三垛运动、吴堡运动、仪征运动和印支运动（华南称象山运动）的反映。按照构造运动、地震反射结构、深浅层构造关系和地层特征，区内可划分出 5 个构造层（表 2-4-2、图 2-4-7），即：

1）震旦系—三叠系构造层；

2）侏罗系—白垩系构造层；

3）下第三系：泰州组—阜宁组构造层；

4）下第三系，戴南组—三垛组构造层；

5）上第三系构造层。

*2. 盆地发展阶段*

苏北盆地的构造发展演化，可以归纳为四个阶段（表 2-4-3）。

（1）初始裂陷阶段　象山运动以后，从早侏罗到晚白垩世，断裂及火山活动强烈，区内沉积了一套厚达 4000～5000 米的内陆盆地红色碎屑岩建造和火山碎屑岩建造，部分阶段虽有沼泽及湖相暗色地层出现，但总的趋势是在断陷作用下以快速补偿沉积为主。燕山尾幕的仪征运动，区域性不均衡抬升作用使隆起地区遭受强烈剥蚀，侏罗—白垩系残存厚度为 0～1000 米，凹陷地区残留厚度较大，最大可达 2000～4000 米。此时，两隆、两坳和凹凸相间的格局初步奠定。

**表 2-4-2 苏北盆地地震地质层位关系表**

| 地层 | | 地层符号 | | 地震反射层 | 地震层序 | 构造层 | 构造运动 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 系 | 组 | | | | | | |
| 上第三系 | 盐城组 | Ny | $Ny^2$ | $T_1^1$ | $N_c$层序 | 上第三系构造层 | |
| | | | $Ny^1$ | $T_2^0$ | | | 三垛运动 |
| 下第三系 | 三垛组 | Es | $Es^2$ | $T_2^2$ | $E_B$层序 | 下第三系Ⅱ构造层 | |
| | | | $Es^1$ | $T_2^3$ | | | |
| | 戴南组 | Ed | $Ed^2$ | $T_2^4$ | | | |
| | | | $Ed^1$ | $T_2^5$ $T_3^0$ | | | 吴堡运动 |
| | 阜宁组 | Ef | $Ef^{2-4}$ | $T_3^3$ | $E_A$层序 | 下第三系Ⅰ构造层 | |
| | 泰州组 | Et | $Ef^1-Et$ | $T_4^0$ | | | 仪征运动 |
| 白垩系 | | K | | | K-J层序 | 侏罗—白垩系构造层 | |
| 侏罗系 | | J | | $T_g^0$ | | | 印支运动<br>(象山运动) |
| 三叠系 | | T | | | G层序 | 震旦系—三叠系构造层 | |
| 二叠系<br>\|<br>震旦系 | | P<br>\|<br>Z | | | | | |

**表 2-4-3 苏北盆地构造演化简表**

| 地质层位 | 沉积特征 | 构造活动方式 | 演化阶段 | |
|---|---|---|---|---|
| 上第三系—第四系<br>(N—Q) | 河流相 | 坳陷 | Ⅳ | 晚喜山期—现代 |
| | | 三垛运动 | | |
| 下第三系戴南—三垛组<br>(Ed—Es) | 残留湖三角洲<br>河流相 | 断陷 | Ⅲ | 中喜山期 |
| | | 吴堡运动 | | |
| 下第三系泰州—阜宁组<br>(Et—Ef) | 湖相为主间夹<br>河流相 | 坳陷 | Ⅱ | 早喜山期 |
| | | 仪征运动 | | |
| 侏罗系—白垩系<br>(J—K) | 陆相及火山<br>碎屑岩相 | 裂陷 | Ⅰ | 燕山期 |
| | | 象山运动 | | |
| 下 扬 子 准 地 台 | | | | |

(2) 强烈拗陷阶段 仪征运动后，盆地进入强烈拉张快速下降时期。古新世到始新世由于沉降速度大于补偿速度，水体不断加深，沉积范围不断扩大，沉积了泰州组上部、阜宁组二段和四段等深湖相生油岩，累计厚度可达千余米。拉张强弱的周期性变化，于生油岩系之间形成了泰一段、阜一段、阜三段砂质岩层段，从而构成较好的生储盖组合。其间二级断裂对沉积控制不明显，沉积厚度的区域变化较稳定，湖盆范围北达沭阳，南达常州直溪桥和安徽南陵等地，开拓了苏北坳陷成油的全盛发展期。

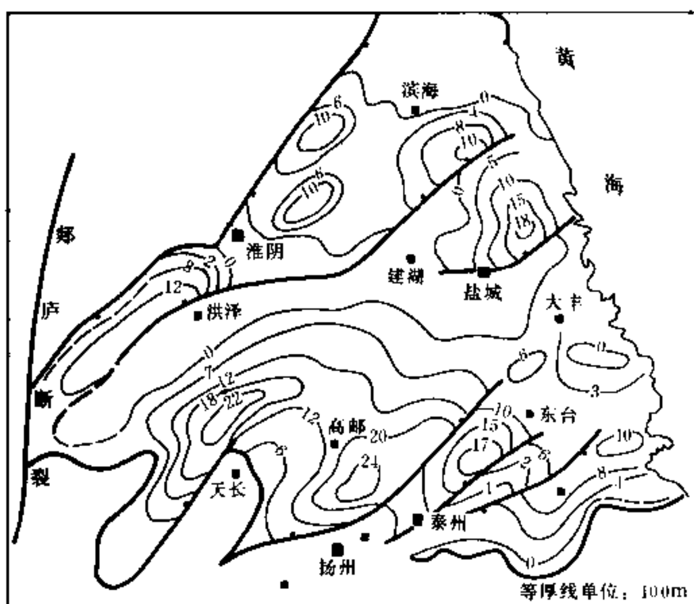



图 2-4-8 苏北盆地泰州组、阜宁组地层残余厚度图

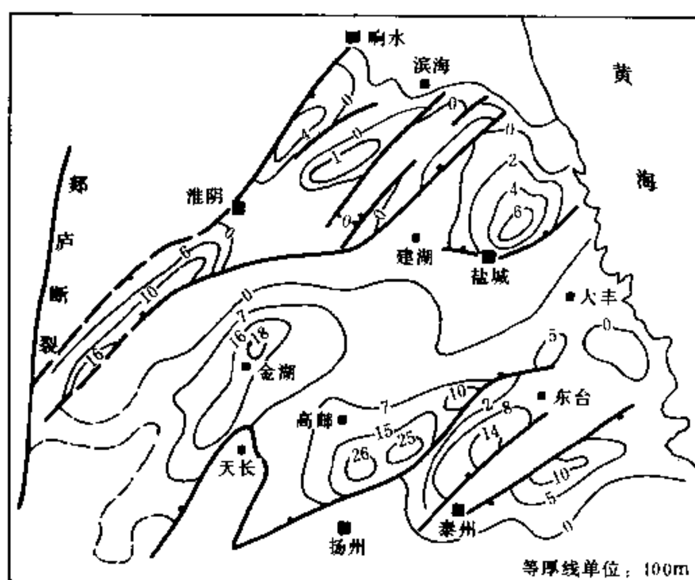



图 2-4-9 苏北盆地戴南、三垛组地层残余等厚图

喜山早期的吴堡运动使盆地再次抬升，表现出大断裂向深处发展，基性火成岩多次上侵、喷发。北东向为主的二级断裂活动较明显，翘倾断块开始形成，断块体高部位地层遭受强烈剥蚀，隆起及凸起上的泰州组至阜宁组侵蚀殆尽，低凸起高部位阜宁组二段至四段全被侵蚀，凹陷内多数仅阜宁组四段顶部有所剥蚀，泰州组和阜宁组厚者达 3000 多米。此时两隆、两坳、12 凹、14 凸的构造轮廓已清楚，箕状凹陷开始奠基（图 2-4-8）。

(3) 强烈断陷阶段 吴堡运动后，盆地进入新的发展时期，由原来的快速下降转化为整体上升，整个渐新世时期断裂活动、火山活动加强，盆地由原来的坳陷型转变为断陷型，完整的湖盆解体，分割成一系列以箕状凹陷为特征的小断陷盆地。同生大断层活动非常活跃，对沉积的控制作用强烈，造成隆起、凸起地区不断抬升剥蚀，凹陷地区不断沉降堆积，地层厚度变化剧烈。箕状凹陷陡侧戴南至三垛组厚度可达 2000~3000 米，向缓坡带急剧减薄甚至缺失。重力构造发育，滑动断阶、牵引构造、滑落构造、压实构造常见。三垛运动使盆地又一次抬升，垛二段受到侵蚀，盆地内隆、坳、凸、凹格局基本定型（图 2-4-9），断陷活动将近尾声。

(4) 拗陷衰亡阶段 中新世以来盐城组的沉积以砂砾岩为主，沉积范围扩展到全盆地，断裂活动渐趋停止，全盆地统一成向东倾斜的坳陷盆地，沉积、沉降中心在海安一带，最大厚度可达 1400 多米（图 2–4–10）。

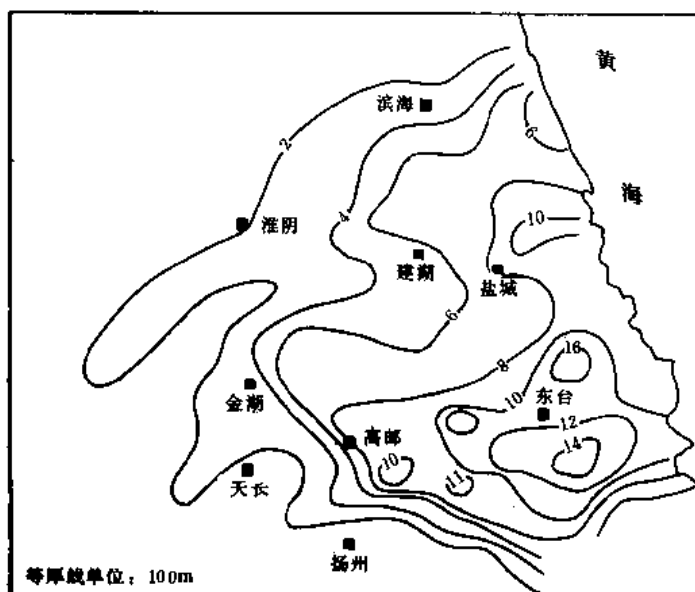



图 2–4–10 苏北盆地盐城组地层等厚图

综上所述，苏北盆地是在象山运动形成的石灰岩基底之上，经过断陷、拗陷双重作用发展而成的中、新生代陆相沉积盆地。主要生油层系为下第三系Ⅰ构造层；主要成油期在下第三系Ⅱ构造层沉积末期，油气主要运移期在三垛运动时。另外，由于区内存在一套较厚的侏罗系—白垩系构造层，新生古储条件不及华北地区优越。但根据苏北盆地的演化特征看，还是具备寻找第三系油气田和新生古储式古生界潜山油气藏的良好地质条件。

## 第三节 构造单元区划

苏北盆地是迭加于下扬子地台上的中、新生代沉积盆地，次级构造单元有两隆（滨海、建湖），两坳（盐阜、东台）。坳陷内次级构造单元为凸起（或低凸起）和凹陷。东台坳陷内有八凸（菱塘桥、柳堡、柘垛、吴堡、裕华、小海、泰州、三仓），六凹（金湖、临泽、高邮、白驹、溱潼、海安）；盐阜坳陷内含六凸（淮阴、大东、苏家咀、蛤蜊港、下王港、射阳），六凹（洪泽、涟北、涟南、阜宁，通洋港、盐城）。

为了进一步汇集以往构造区划成果，统一区划标准，拿出比较合理的区划方案，以便指导油气勘探工作，特对苏北盆地构造单元提出下述区划原则和划分意见❶。

**一、构造单元划分原则**

(1) 构造层系 以下第三系构造层为主，并结合上第三系及侏罗—白垩系构造层。

(2) 构造特征 构造形态、性质、成因，演化、类型、所处区域构造位置等。

(3) 基底性质 石灰岩基底起伏形态、延伸方向、埋藏深度、组成岩性等对浅层构造的控制情况。

(4) 主断裂 一、二级断裂对构造的控制作用。

(5) 沉积结构 中、新生界地层（尤其是下第三系）发育、分布状况和岩性、岩相变化特征与构造作用的关系。

(6) 油气关系 油气显示现状、油气圈闭类型，以及构造对油气生、移、聚、散的制约

❶江苏石油勘探局研究院，1985～1987，江苏构造单元划分及含油评价。

情况。

## 二、具体划分标准

(1) 构造单元分界　多以断层和侵、超尖灭线为界，次沿构造突变带走向趋势线延展。

(2) 构造单元级别　以含油气盆地为基本单元，划分一级（坳、隆）、亚一级（凹、凸）；以凹陷为基础，划分二级（断阶、深凹、中隆、斜坡）、三级（正向构造带）。

(3) 构造单元名称　以各级构造基本性质（正向—隆起区、隆起、凸起、中隆、构造带；负向—盆地、坳陷、凹陷、次凹），冠以地名进行命名。

(4) 构造单元区分　隆起—缺失下第三系，基岩埋藏很浅；凸起—下第三系阜宁组上部（$E_f^{2-4}$）及戴南组缺失，基岩埋藏较浅；低凸起—残存一部分阜宁组上部，戴南组缺失，基岩埋深较浅。坳陷—以凹陷为主、凸起为次，或以凹陷、低凸起为优势的负向一级构造区；凹陷—为正向一级构造（隆起、凸起、低凸起）所分割的独立负向沉降、沉积现今构造单元。

(5) 构造单元归属　与隆起大段相接，且无明显分界的凸起，一般均归属隆起；与隆起相接的低凸起，一般以断层或构造鞍部为界划归坳陷；对凹陷起明显分隔作用的较大型翘倾抬升块体或拱垒，一般单独区划为凸起或低凸起；对凹陷无明显分隔作用的较小型翘倾抬升块体或拱背，一般归属于凹陷的中部隆起带。

## 三、构造单元划分意见

按照上述基本原则和具体划分标准，对苏北盆地一级构造单元和东台坳陷主要凹陷的二级构造单元划分方案归纳如下：

### *1. 一级构造单元*

在苏北盆地一级构造单元区划中，一般与前述区域原则无关键矛盾时尽量沿袭前人的区划意见、单元名称和范围，对矛盾较大者方做修改和调整（划分方案见表 2-4-4 和图 2-4-11）。现就新区划中变动较大的地方和一级构造单元概况简述之。

1) 前人惯以"两坳一隆"概括苏北盆地全貌，有时尚以三隆（滨海、建湖、张八岭）两坳（盐阜、东台）来阐述。我们依据滨海隆起的性质和淮阴—响水断裂对盆地的制约情况，将滨海隆起归属盆地之内。盆地南界有南移（至长江断裂）的可能，但目前资料依据还不充分，暂将张八岭、(南) 通扬 (州) 两隆起归属苏南隆起区。这样，苏北盆地一级构造单元即为图 2-4-11、表 2-4-4 所列的两隆、两坳格局。

2) 以往按照布格重力异常资料将淮阴—淮安地区划分出秦墩、淮阴凸起和淮安凹陷。后经地震及钻井资料证实，淮安重力负异常区并非第三系构造凹陷，而是较厚（＞2000 米）的白垩系浦口组的反映，故这次依据以下第三系为主的区划原则和区域构造线的展布状况，将原苏家咀凸起南部的重力高、淮安重力低、淮阴及秦墩重力鼻统归一起划为淮阴凸起。

3) 东台附近以往由于地震资料品质较差，兼之地震测网控制不严，区域构造界线及单元归属不清。这次根据新的数字地震资料将时堰次凹归属溱潼凹陷，将东台南部地垒地带归属小海凸起。

4) 原海安凹陷按照构造特征本应三分为北部的富安凹陷、中部的三仓低凸起和南部的海安凹陷，目前由于新街断层西段延伸不落实，因而这次仍维持原区划方案，暂将三仓低凸起南界定在新街断层与富安断层之间的地震 $T_3^3$ 层北抬侵蚀缺失线附近。

5) 苏北盆地中，坳陷区面积达 278000 平方公里，占盆地总面积的 79.4%，隆起区面

积为 7200 平方公里，仅占盆地总面积的 20.6%。特别是东台坳陷非常开阔，长 230 公里，宽 80 公里，面积达 18200 平方公里，占盆地总面积的 52.0%，结合盆地南深（东台坳陷内凹陷石灰岩基底深达 6000～10000 米），北浅（盐阜坳陷内凹陷石灰岩基底深达 4000～7000 米）等状况，东台坳陷已成为第三系找油的重点勘探区。

**表 2-4-4 苏北盆地一级构造单元划分表**

| 一级构造 | | 亚一级构造 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 单元名称 | 面积 ($km^2$) | 负向单元名称 | 面积 ($km^2$) | 正向单元名称 | 面积 ($km^2$) |
| 滨海隆起 | 2800 | | | | |
| 盐阜坳陷 | 9600 | 洪泽凹陷 | 1800 | 淮阴凸起 | 800 |
| | | 涟北凹陷 | 1100 | 大东凸起 | 250 |
| | | 涟南凹陷 | 800 | 苏家咀凸起 | 200 |
| | | 阜宁凹陷 | 1450 | 蛤蜊港凸起 | 150 |
| | | 通洋港凹陷 | 700 | 下王港凸起 | 100 |
| | | 盐城凹陷 | 2100 | 射阳凸起 | 150 |
| 建湖隆起 | 4400 | | | | |
| 东台坳陷 | 18200 | 金湖凹陷 | 5000 | 菱塘桥低凸起 | 450 |
| | | 临泽凹陷 | 350 | 柳堡低凸起 | 300 |
| | | 高邮凹陷 | 2670 | 柘垛低凸起 | 900 |
| | | 白驹凹陷 | 1600 | 吴堡低凸起 | 400 |
| | | 溱潼凹陷 | 1130 | 泰州低凸起 | 730 |
| | | 海安凹陷 | 3500 | 三仓低凸起 | 250 |
| | | | | 裕华凸起 | 300 |
| | | | | 小海凸起 | 620 |

6）苏北盆地内的 12 个凹陷总面积为 22200 平方公里。东台、盐阜两坳陷内凹陷个数虽相等（各占 6 个），但凹陷总面积差别较大，东台坳陷内凹陷总面积为 14250 平方公里，占全部凹陷面积的 64.2%，而盐阜坳陷内凹陷总面积为 7950 平方公里，占全部凹陷面积的 35.8%。就单个凹陷的开阔程度看，面积大于 2000 平方公里者有金湖、高邮、海安、盐城等 4 个，其中前三个已列为我们当前第三系找油的重点凹陷，后一个石油地质条件也较好，有待进一步开展工作。

7）苏北盆地内14个凸起或低凸起的总面积为5600平方公里，其中属东台坳陷的有3950平方公里，盐阜坳陷内有1650平方公里。东台坳陷内以低凸起占优势（有6个低凸起、2个凸起），且以大而开阔为特征（面积多在400平方公里以上），盐阜坳陷内全属凸起，且以小而狭窄为特点（面积在100～250平方公里之间），仅淮阴凸起较开阔。

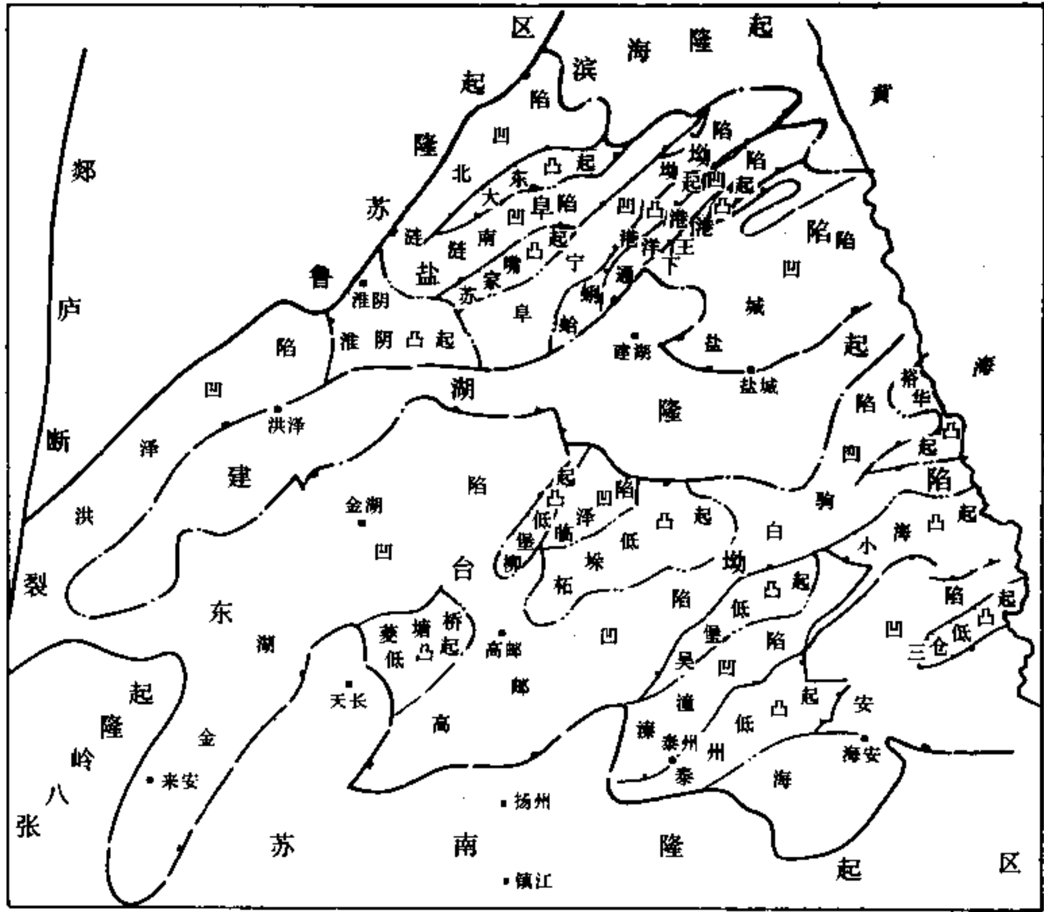


图2-4-11 苏北盆地构造区划图

*2. 东台坳陷主要凹陷二级构造单元划分方案*

金湖、高邮、溱潼、海安这4个主要凹陷的二级构造单元划分，已成为运用方案。如高邮、溱潼两凹陷采用三带的划分方案，海安凹陷采用五带分异的划分方案（图2-4-12、2-4-13，表2-4-5、2-4-6），而金湖凹陷则根据其内局部构造多沿三条平行于凹陷轴线方向的断裂分布的特点，划分了7个二级构造单元（图2-4-14，表2-4-7）。另外，为了本章分析凹陷类型、二级构造展布规律方便起见，同时附上三带和五带分异划分方案（表2-4-8、2-4-9）。

**四、凹陷类型及三级构造浅析**

就苏北盆地12个凹陷的形态、规模、演化等情况看，大体可归纳为五种类型。

（1）开阔型箕状凹陷 特点是凹陷的规模表现为宽度大（25～35公里），延伸长（110～160公里）；生油层段（$E_f^{2-4}$）埋藏深，侵蚀弱、盖层（Es—Ed）厚；断陷萎缩期披覆层（$N_y$）西薄东厚；凹陷内二级构造表现出次凹成排、成带展布，断阶发育，斜坡带分段

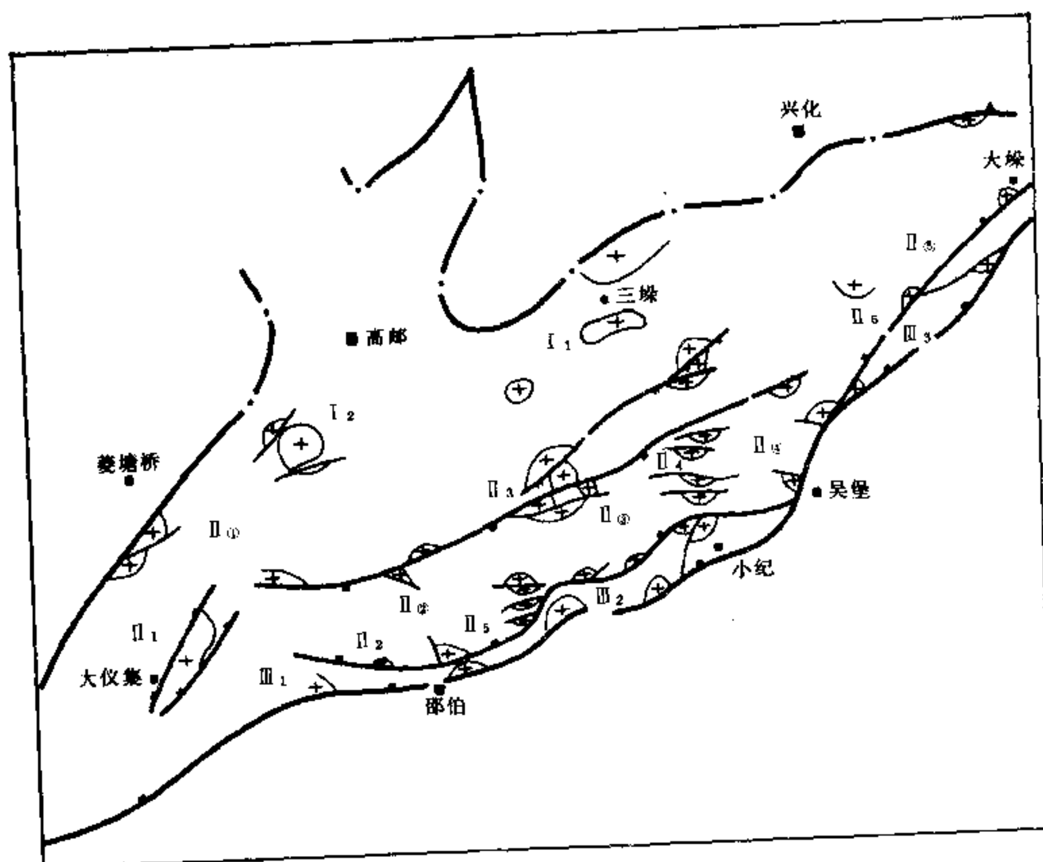



图 2-4-12　高邮凹陷二级构造区划图

图中构造单元编号意义同表 2-4-5

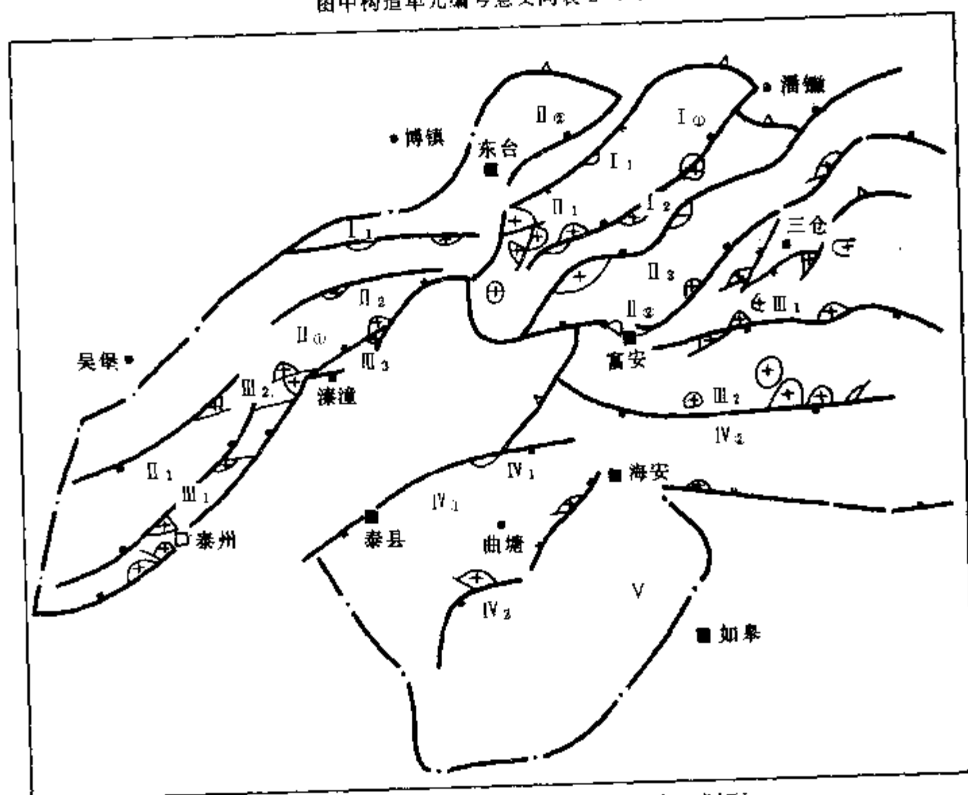



图 2-4-13　溱潼及海安凹陷二级构造区划图

图中构造单元编号的意义同表 2-4-6

表 2-4-5　高邮凹陷二级构造单元划分表

| 二级构造 | 三级构造 | |
|---|---|---|
| | 正向—— | 负向—— |
| Ⅰ. 北部斜坡带 | $Ⅰ_1$三垛断鼻构造，$Ⅰ_2$码头庄背斜构造 | |
| Ⅱ. 中部深凹带 | $Ⅱ_1$大仪集断鼻构造，$Ⅱ_2$黄珏逆牵引背斜 | $Ⅱ_{①}$秦栏次凹，$Ⅱ_{②}$邵伯次凹 |
| | $Ⅱ_3$永安断鼻构造，$Ⅱ_4$富民庄断鼻构造 | $Ⅱ_{③}$樊川次凹，$Ⅱ_{④}$刘五舍次凹 |
| | $Ⅱ_5$真武牵引构造，$Ⅱ_6$杨家舍断鼻构造 | Ⅱ⑤刘陆次凹 |
| Ⅲ. 南部断阶带 | $Ⅲ_1$黄珏南断鼻构造，$Ⅲ_2$许庄断鼻构造 | |
| | $Ⅲ_3$高里庄断鼻构造 | |

表 2-4-6　溱潼及海安凹陷二级构造单元划分表

| | 二级构造 | 三级构造 | |
|---|---|---|---|
| | | 正向—— | 负向—— |
| 溱潼凹陷 | Ⅰ. 北部斜坡带 | $Ⅰ_1$茅山断鼻构造 | |
| | Ⅱ. 中部深凹带 | $Ⅱ_1$叶甸断块构造，$Ⅱ_2$戴南断鼻构造 | $Ⅱ_{①}$兴泰次凹，$Ⅱ_{②}$时堰次凹 |
| | Ⅲ. 南部断阶带 | $Ⅲ_1$淤溪断鼻构造，$Ⅲ_2$祝庄断阶构造 | |
| | | $Ⅲ_3$草舍断背构造 | |
| 海安凹陷 | Ⅰ. 北部斜坡带 | $Ⅰ_1$梁桥断鼻构造 | |
| | Ⅱ. 北部深凹带 | $Ⅱ_1$梁垛断背构造，$Ⅱ_2$梁孙断鼻构造 | $Ⅱ_{①}$孙家洼次凹 |
| | | $Ⅱ_3$安丰断背构造 | $Ⅱ_{②}$富安次凹 |
| | Ⅲ. 中部断隆带 | $Ⅲ_1$新民断背构造，$Ⅲ_2$唐洋断背构造 | |
| | Ⅳ. 南部深凹带 | $Ⅳ_1$张家灶牵引，$Ⅳ_2$曲南断鼻构造 | $Ⅳ_{①}$曲塘次凹，$Ⅳ_{②}$海北次凹 |
| | Ⅴ. 南部斜坡带 | | |

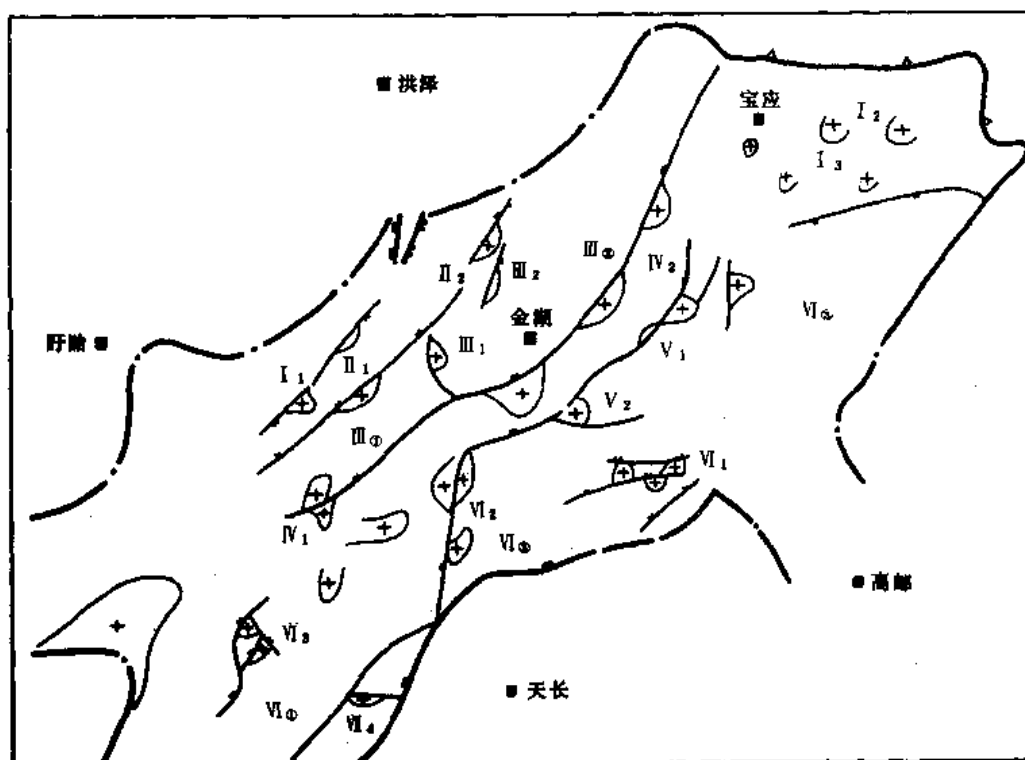



图 2-4-14　金湖凹陷二级构造区划图

图中构造单元编号同表 2-4-7

表 2-4-7　金湖凹陷二级构造单元划分表

| 二级构造 | 三级构造 | |
|---|---|---|
| | 正向—— | 负向—— |
| Ⅰ. 西北斜坡带 | $Ⅰ_1$马坝断鼻，$Ⅰ_2$宝应断鼻 | |
| Ⅱ. 刘庄断裂带 | $Ⅱ_1$崔庄断鼻，$Ⅱ_2$刘庄断鼻 | |
| Ⅲ. 北部深凹带 | $Ⅲ_1$金湖西断鼻 | Ⅲ①东阳次凹 |
| | $Ⅲ_2$雷庄断鼻 | Ⅲ②三河次凹 |
| Ⅳ. 石港断裂带 | $Ⅳ_1$泥沛断鼻，$Ⅳ_2$桥河口断鼻 | |
| Ⅴ. 唐港断裂带 | $Ⅴ_1$唐港断鼻，$Ⅴ_2$淮建断鼻 | |
| Ⅵ. 南部深凹带 | $Ⅵ_1$闵桥断背 | Ⅵ①汊涧次凹 |
| | $Ⅵ_2$乔田断鼻 | Ⅵ②龙岗次凹 |
| | $Ⅵ_3$潘庄断鼻 | Ⅵ③汜水次凹 |
| Ⅶ. 南部断阶带 | $Ⅶ_1$石梁断阶 | |

性强，存在发育不完善的中部断降或断裂带。实例有高邮和金湖凹陷，按现构造单元划分方案，海安凹陷可归此类。

（2）较开阔型箕状凹陷　特点是凹陷规模表现出宽度大，延伸较长，长、短轴之比一般为 2∶1；断陷发育期主要生油层段埋藏深，侵蚀较弱，盖层较厚；断陷萎缩期披覆层厚；凹陷内二级构造表现为次凹成排，断阶较发育，斜坡带较复杂，有发育不完善的中部断降带。该类以盐城凹陷为代表（图 2–4–15）；若按另一种观点将海安凹陷分为南北两个独立凹陷时，南边的海安凹陷和北边的富安凹陷均可归属此类（图 2–4–13）。

（3）狭深型箕状凹陷　特点之一是凹陷较窄（宽度一般小于 20 公里），长宽比在 4∶1 左右；特点之二是断陷发育期主要生油层段埋藏深，侵蚀较弱，盖层较厚，断陷萎缩期披盖层处于盆地西部则薄，处于东部则厚；特点之三是二级构造表现出次凹呈带分布，但分割不明显，断阶发育，斜坡带较简单，不存在中央断降带或中部断裂带。属此类者有洪泽、溱潼、白驹三个凹陷。

（4）狭浅型箕状凹陷　特点之一是形状窄（10～20 公里）而长（75～105 公里），即长、短轴之比为 8∶1 左右；特点之二是生油层侵蚀强、埋藏浅（最大埋深 3000 米），上覆三垛、盐城组均薄（最大厚度 200 米及 800 米），一般缺失戴南组；特点之三是无断阶带和中降带，次凹呈分割不明显的带状展布，斜坡多见反向断块。此类有临泽、涟南、阜宁、通洋港四个凹陷（图 2–4–15）。

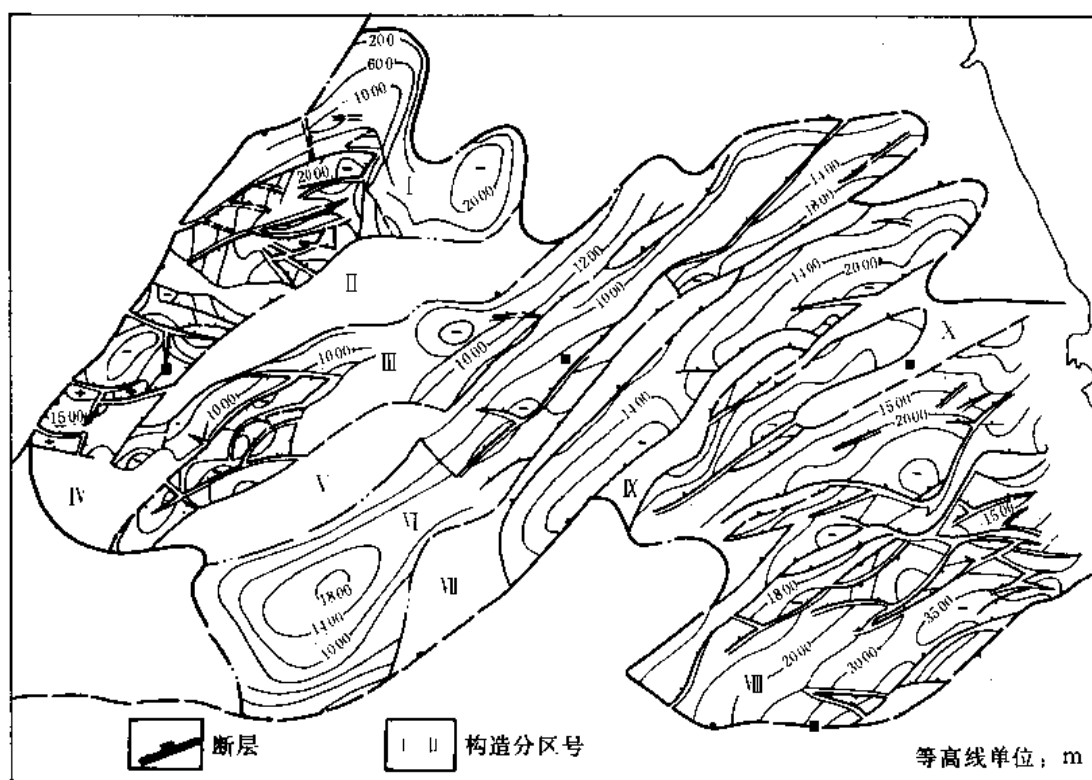



图 2–4–15　盐阜坳陷构造区划图

Ⅰ—涟北凹陷；Ⅱ—大东凸起；Ⅲ—涟南凹陷；Ⅳ—淮安凸起；Ⅴ—苏家嘴凸起；Ⅵ—阜宁凹陷；Ⅶ—蛤蜊港凸起；Ⅷ—盐城凹陷；Ⅸ—下王港凸起；Ⅹ—射阳凸起

表2-4-8 东台坳陷主要凹陷二级构造单元划分表

| 凹陷 | 二级构造 | 三级构造 | |
|---|---|---|---|
| | | 正向——主要构造 | 负向——次凹 |
| 金湖凹陷 | 北部斜坡带 | 马坝断鼻、刘庄断鼻、宝应鼻状 | |
| | 中部深凹带 | 大凡庄断鼻、吕良断鼻、桥河口断鼻、白田铺断鼻、泥沛断鼻、石港断鼻、唐港断背、潘庄断鼻、王龙庄断鼻、闵桥断背 | 东阳、三河、汊涧、龙岗、汜水 |
| | 南部断阶带 | 石梁断阶 | |
| 高邮凹陷 | 北部斜坡带 | 码头庄背斜、沙埝背斜、南腰舍鼻状、三垛断鼻、汉留断鼻、卸甲庄断鼻 | |
| | 中部深凹带 | 黄珏逆牵引背斜、真武逆牵引背斜、曹庄断鼻、肖刘庄断鼻、富民庄断鼻、周庄断鼻、杨家舍断鼻、马家嘴断鼻、联盟庄断鼻、永安断鼻、花庄断鼻 | 秦栏、邵伯、樊川、刘五舍、刘陆 |
| | 南部断阶带 | 黄珏南断鼻、许庄断鼻、竹墩断块、高里庄断鼻 | |
| 溱潼凹陷 | 北部斜坡带 | 茅山断鼻、伍家垛断鼻 | |
| | 中部深凹带 | 叶甸断鼻、戴南断鼻 | 兴泰，时堰 |
| | 南部断阶带 | 淤溪断块、祝庄断块、草舍断背 | |
| 海安凹陷 | 北部深凹带 | 梁垛断背、安丰断鼻、头灶断块 | 孙家洼、富安 |
| | 中部断隆带 | 新民断背 | |
| | 南部深凹带 | 曲南断鼻、唐洋断背、北凌牵引 | 曲塘、海北 |

表 2-4-9　东台坳陷主要凹陷二级构造单元划分表

| 凹陷 | 二级构造 | 三级构造 | |
|---|---|---|---|
| | | 正向——主要构造 | 负向——次凹 |
| 金湖凹陷 | 北部斜坡带 | 马坝断鼻、刘庄断鼻、宝应鼻状、牌楼断鼻 | |
| | 北部深凹带 | 大凡庄断鼻、吕良断鼻、桥河口断鼻、白田铺断鼻 | 东阳、三河 |
| | 中部断隆带 | 泥沛断鼻、石港断鼻、唐港断背 | |
| | 南部深凹带 | 潘庄断鼻、王龙庄断鼻、乔田断鼻、闵桥断鼻 | 汊涧、龙岗、汜水 |
| | 南部断阶带 | 石梁断阶 | |
| 高邮凹陷 | 北部斜坡带 | 三垛断鼻、单家庄断鼻 | |
| | 北部次凹带 | 码头庄背斜、汉留断鼻、瓦庄断鼻、杨家舍牵引 | 秦栏、刘陆 |
| | 中部断隆带 | 大仪集背斜、联盟庄断鼻、永安断鼻 | |
| | 南部深凹带 | 黄珏逆牵引背斜、真武逆牵引背斜、富民庄断鼻 | 邵伯、樊川、刘五舍 |
| | 南部断阶带 | 黄珏南断鼻、许庄断鼻、高里庄断鼻 | |
| 溱潼凹陷 | 北部斜坡带 | 茅山断鼻、伍家垛断鼻 | |
| | 中部深凹带 | 叶甸断鼻、戴南断鼻 | 兴泰，时堰 |
| | 南部断阶带 | 淤溪断块，祝庄断块，草舍断背 | |
| 海安凹陷 | 北部斜坡带 | 梁桥断鼻 | |
| | 北部深凹带 | 安丰断鼻、梁垛背斜，曹家灶牵引 | 孙家洼、富安 |
| | 中部断隆带 | 唐洋断背、新发断背、北凌背斜 | |
| | 南部深凹带 | 张家垛牵引、曲南断鼻、海西南鼻状构造 | 曲塘、海北 |
| | 南部斜坡带 | 曲东南断块、胡集断块 | |

(5) 狭浅型地堑式凹陷　主要特点是长、短轴之比为 5：1；生油层埋藏浅，遭侵蚀强烈，上覆盖层极薄；凹陷呈地堑式陷落。如涟北凹陷（图 2–4–15）。

**五、二级和三级构造展布规律**

二级构造在箕状凹陷内的展布规律是：开阔型凹陷具有断阶带、中部断隆带或断裂构造带、斜坡带和两排深凹带，即二级构造带五带分异明显；狭深型凹陷具有断阶带、深凹带和

斜坡带，即三带分异；狭浅型凹陷仅有深凹带和斜坡带，陡侧只有一条同生大断裂，不具备形成断阶带的条件。

牵引构造普遍发育在开阔次凹陡翼，同生大断层下降盘。中部断隆带侧翼有同生大断层时，大断层下降盘也可形成牵引构造带。此带由正牵引或逆牵引圈闭组成，常被派生羽状断层复杂化。由于地处生油深凹，垂向运移通道良好，戴南—三垛组地层处于有利储油相带，因而是箕状凹陷内最有利的含油气构造带。

断阶构造发育在开阔、纵深单断凹陷陡侧。由两条同生大断层所夹持，平面上呈棱形或杏仁状，剖面上呈楔状。发育断鼻、断块圈闭，组成地层以泰州—阜宁组为主，上覆较薄的三垛组和盐城组，下有部分白垩系。近油源，垂向、侧向运移条件好，是箕状凹陷内有利的含油气构造带。

断背及背斜构造一般发育在中部断隆带上，或开阔次凹的鞍部。戴南及阜宁组埋深适中，储集层、油源及垂、侧向通道条件好，为箕状凹陷内又一类型的有利含油气构造带。

断鼻、鼻状、断块构造一般分布在单断凹陷的斜坡带上。一般阜宁组埋深较浅，在凹陷内斜坡处三垛、戴南组保存较厚，储集层相带有利，但距油源较远，且以垂向运移为主，是箕状凹陷中较有利的含油气构造带。

## 第四节 局 部 构 造

苏北盆地局部构造圈闭，由于勘探精度、应用资料、解释观点的不同，其数目、名称、要素、落实程度等不尽一致。本卷在统计构造圈闭时，本着在尽可能减少上述矛盾和满足分析研究需要的前提下，进行复查汇编。

### 一、分布状况

据以往地震勘探，在苏北盆地发现中、新生界局部构造共 410 个，其中东台坳陷 350 个，盐阜坳陷 60 个。

这些局部构造的分布特点是：南部多、北部少，凹陷多、凸起少，开阔凹陷多、窄小凹陷少，低凸起多、凸起少。

### 二、形态特点

局部构造形态表现为构造非常破碎。即以断鼻、断块构造为主，背斜构造较少；背斜及断鼻构造常被小断层切割成更多的断块，完整背斜为数极少；第三系构造破碎情况是深层剧烈。浅层次之。

全区断鼻、断块构造有 351 个，占总构造数的 85.6%；而背斜构造只有 59 个，仅占 14.4%。

已发现的 59 个背斜构造，除小海背斜外，均有不同程度的断层切割。比如真武、闵桥、黄珏等背斜均被断层切割成数块，且同一构造不同断块含油气情况差异较大。第三系构造以阜宁组构造最破碎，三垛—戴南组次之，盐城组构造则较完整。

### 三、圈闭面积情况

区内中、新生界构造圈闭面积较小，表现为：全区 410 个构造的圈闭总面积为 1084 平方公里。平均单个构造圈闭面积仅有 2.64 平方公里。已发现的构造圈闭中，面积大于 10 平方公里的计 14 个，占构造总数的 3.4%；面积在 5～10 平方公里的计 48 个，占构造总数的 11.7%；面积在 1～5 平方公里范围的计 253 个，占 61.7%；面积小于 1 平方公里的计 95

个，占23.2%。

在凹陷中的构造面积较凸起中的偏小。如凹陷内339个构造圈闭，面积大于5平方公里者计40个，占11.8%；小于5平方公里者计299个，占88.2%。而凸起上71个构造圈闭中，面积在5平方公里以上者计22个，占30.99%；面积在5平方公里以下者计49个，占69.01%。

**四、构造圈闭层位**

截止目前所发现的构造圈闭中，据初步统计以阜宁组构造最多，三垛及戴南组构造次之，白垩系及盐城组最少。

1）全区阜宁组构造计293个。其中东台坳陷的凹陷内207个，凸起上40个；盐阜坳陷的凹陷内44个，凸起上2个。

2）全区三垛组构造计166个。其中东台坳陷的凹陷及凸起上分别为144个和9个；盐阜坳陷的凹陷内13个，凸起上不详。

3）戴南组构造全区计117个。东台坳陷的凹陷内占102个，盐阜坳陷的凹陷内占15个。

4）盐城组构造全区共计21个。东台坳陷的凹陷内有11个，凸起上有2个；盐阜坳陷中仅盐城凹陷有8个。

5）白垩系构造，目前多以顶界不整合面成图，不全反映构造面貌；利用层间反射成图不多，仅盐阜坳陷的盐城凹陷有4个，淮阴凸起上有3个。

# 第五章　下第三系沉积相

## 第一节　盆地沉积背景❶

苏北盆地是中、新生代的断拗型盆地，前侏罗纪基底由印支—燕山期褶皱的古生界和三叠系地层组成，盆地的形成与发展经历了第三纪时期坳陷—断陷—坳陷的三个阶段。白垩纪末仪征运动后，在一系列拉张性断裂活动的控制下、泰州组、阜宁组经历了盆地整体快速下降，水域宽广、水体加深的坳陷阶段；吴堡运动后的戴南组、三垛组，由于北东向差异性升降断裂活动十分强烈，统一湖盆被分割成凸凹相间的沉积构造景观，盆地进入了断陷阶段；三垛运动后，断裂活动相对减弱，湖盆消亡，转为陆上碎屑沉积，盆地又由断陷逐步转入坳陷阶段，中上新世时坳陷准平原化并向东倾斜。

坳陷的格局主要受北东向断裂控制，这组断裂具同生性，不但控制了坳陷内次一级凸起和凹陷的发育，而且还控制了沉积相带的类型、分布以及油气的形成、运移和聚集。此外，北西向的一组断裂对坳陷中的岩浆喷溢和侵入，凸凹的倾伏和沉积等也有影响。

坳陷内的次一级凹陷具有明显的箕状特征，除海安凹陷南部为北断南超、北陡南缓、北深南浅外，其余均为南断北超、南陡北缓、南深北浅的不对称箕状凹陷。

坳陷内的下第三系沉积，中心部位总厚 5400 米左右，地层厚度的变化主要受同生断裂控制，同时也受沉积时周边地形的起伏，物源的多少等因素的影响。

下第三系可分为泰州组、阜宁组、戴南组、三垛组四个组。下部泰州组、阜宁组是以区域性的坳陷形式出现，上部戴南组、三垛组是以充填形式出现，断陷面貌突出。频繁的构造运动及常伴随火成岩的活动，造成局部或广泛的下剥上超以及多旋回、多类型的沉积特点。

除了构造运动、断裂作用对沉积起着控制作用外，气候的变化也影响沉积类型及亚相的划分，苏北盆地早第三纪的气候经历了温热潮湿—较干热—温热潮湿—干热的周期性，从而形成了众多的沉积环境与沉积类型（表 2-5-1）。

**表 2-5-1　苏北盆地下第三系沉积相分类表**

| 相 | 亚相 | 微相 |
|---|---|---|
| 洪　积 | 冲（洪）积扇 | 扇根、扇中、扇端 |
| 河　流 | 辫状河（游荡河） | 河床、心滩、决口扇、天然堤、泛滥平原 |
| | 低弯度河（曲流河） | 河床、边滩、决口扇、天然堤、串沟淤填、泛滥平原（包括盐渍化淤积平原） |
| 三角洲 | 三角洲平原 | 分流河道、天然堤、决口扇、河间洼地 |
| | 三角洲前缘 | 水下分流河道、河口坝、远沙坝、水下天然堤、水下决口扇、分流间湾、席状砂、滨岸坝 |
| | 前三角洲 | |

❶据江苏石油勘探局研究院，1985～1988，苏北盆地下第三系沉积相研究。

续表

| 相 | 亚相 | 微相 |
| --- | --- | --- |
| 湖泊 | 滨浅湖（包括季节性积水洼地）<br>湖湾（包括半封闭湖湾）<br>闭塞泻湖<br>半（较）深湖<br>深湖<br>近岸水下扇<br>浊积扇（湖底扇）<br>滨湖冲积扇（扇三角洲） | <br>堡坝（障壁坝）<br><br><br><br>扇根、扇中、扇端<br>扇根、扇中、扇端<br>扇根、扇中、扇端 |
| 碳酸盐 | 岸外浅滩<br>不具岸外浅滩<br>玄武岩台坪 | 生物鲕滩、生物滩<br>生物鲕滩、生物滩、鲕灰岩、生物灰岩 |

## 第二节　分组段沉积相展布

苏北盆地下第三系沉积相的研究，运用了515口井的取芯资料，401口井的岩性统计，313口井11926块薄片资料及300口井的重矿物分析，物性分析和古生物鉴定资料，并充分利用了前人的研究成果。

下第三系各组段的古地理、古气候、相带分布等各有不同，现由老至新叙述如下。

### 一、泰州组

*1. 沉积环境*

泰州组沉积在纵向上可分为上下两段（泰二、泰一段）。下段主要是一套砂砾岩、砂岩夹泥岩的粗碎屑沉积，其底部是一个不整合面与下伏不同地层（白垩系赤山组、浦口组、中、古生界）接触。上段为一套灰黑色泥岩为主夹薄层泥灰岩、粉砂岩，个别还见鲕状灰岩的湖相沉积，富含女星介化石为其特征，顶部尚夹泥灰岩或粉砂岩薄层，泥岩色变杂，说明开始回返。

下段是在仪征运动地形高低不平的基础上接受沉积的。早期是山麓堆积、洪积、冲积为主的陆相粗碎屑沉积，东部可能有些湖区，以后地壳逐步下降，地表迳流旺盛，地貌逐趋平坦，沉积了一套以砂岩为主的河流相地层；上段沉积时，地壳运动相对平静，四周陆屑物质供给不足，湖体兴盛，于是沉积了一套以黑色泥岩为代表的湖相地层。在东台坳陷内，东部地区地层厚度最大，暗色泥岩最厚，为湖区水下还原环境；西部、西南部砂岩厚度最大，百分含量最高，代表了陆上河流氧化环境，从西到东其沉降中心与沉积中心基本一致。

下段沉积时的气候是亚热带气候，相对比较干热，孢粉以希指蕨—鹰粉类组合带为主，孢粉种类比较丰富，植物比较茂盛。上段沉积时，裸子植物花粉占优势，50%以上是松柏类花粉，为雪松粉—罗汉松粉—小三瓣孢粉组合带，气候是温热的亚热带型。

*2. 相带划分与分布*

由于钻遇井资料少，只编了上段岩相图（图2-5-1），相带划分如下：

(1) 洪积相　分布在天长—马坝、公道桥—邵伯一带，主要发育在下段。岩性以砂砾岩为主，在砂岩百分比图与砂泥比图上都是高值区（分别为50～60%与1.2～1.4），在岩性分区图上是泥岩—砂岩区，泥岩色区是暗色—过渡色泥岩区。重矿稳定矿物石榴子石含量向远离这些地带方向增高，说明这些地带是靠近物源的洪积—冲积陆上粗碎屑沉积区。此外，西北缘的灌1井一带也有类似的洪积相存在。

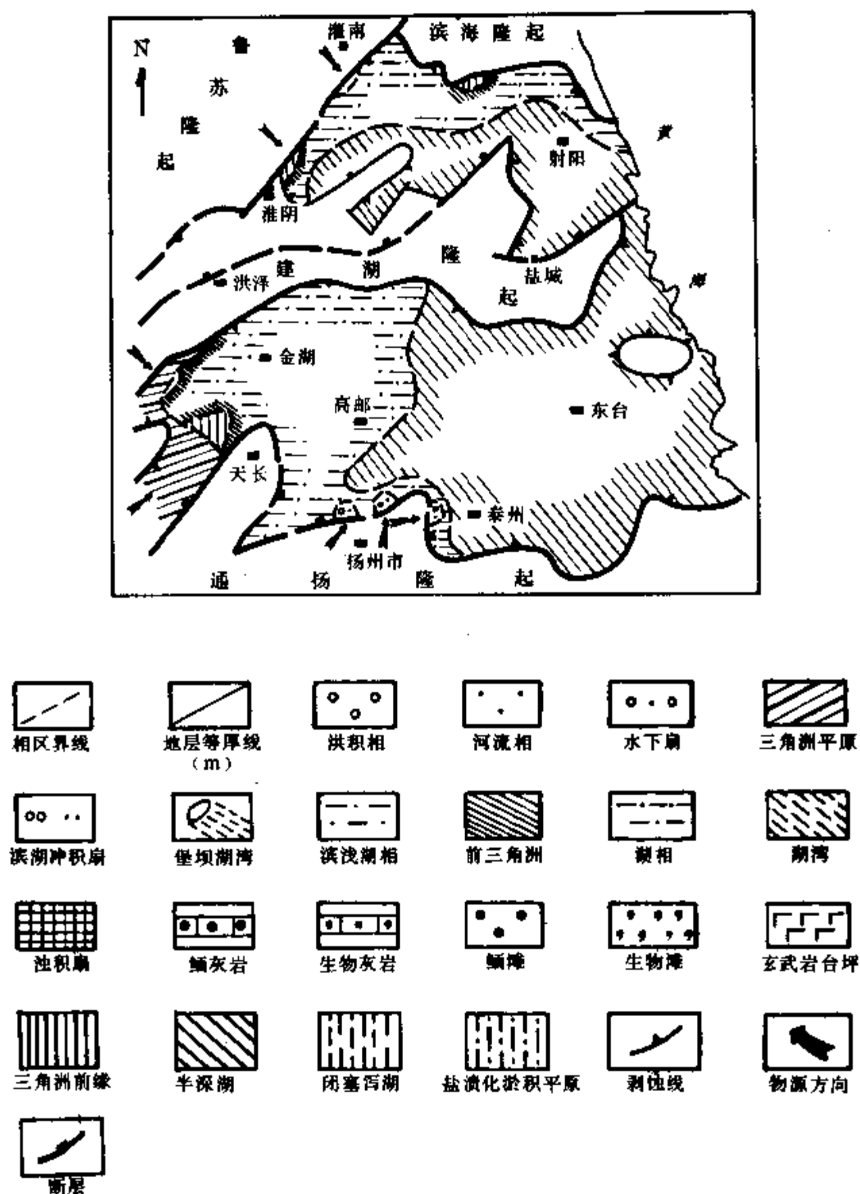



图2-5-1　苏北盆地泰州组晚期岩相图

(2) 河流相　主要发育在下段时期，分布在金湖西及菱塘桥一带，盐阜坳陷的北缘滨海一带位于洪积相外围，岩性主要是砂岩、粉砂岩和泥岩，在泥岩色图上是过渡色区，岩性分布图上大部分属砂岩—泥岩区与粉砂—泥岩区，在砂岩百分比图与砂泥比图上呈逐渐递减趋

势。

(3) 湖相　分布在除金湖—秦栏凹陷外的广大地区，岩性是一套富含女星介化石的灰黑色泥岩夹薄层粉砂岩、泥灰岩、少量见鲕状灰岩，层位稳定，在暗色泥岩等厚图上是高值带(150~250米)。

(4) 三角洲相　分布于河流与湖相之间，三河次凹很可能存在，在滨海一带及西北边缘等地可能还有些小型三角洲体。

(5) 水下扇　分布在南边陡坎，公道桥—邵伯一带，推测在下段时为冲积扇，上段时变为水下冲积扇。岩性是砂砾岩夹在大套灰黑色泥岩中。在下段晚期，溱潼凹陷陡岸边，可能也有水下扇体。

**二、阜一段**

阜一段沉积的早、中期是一套砂、泥岩互层，砂岩均具正韵律特点，泥岩颜色以棕、棕褐色为主，东部地区常含石膏斑点，后期在东部地区（包括盐城凹陷）沉积了一套以暗色泥岩为主夹砂岩的湖相地层。

*1. 沉积环境*

阜一段虽继承了泰州组上段时地形的东倾趋势，但其沉积环境却与泰州组上段不同，地壳升降运动相对剧烈，使苏北盆地抬升，四周陆屑供给也相应增加。沉积面貌在东台坳陷是西高东低，在盐阜坳陷是西北高东南低。

早期，沉积了一套河流相地层，西粗东细，东部常见石膏斑点与钙质结核，说明气候干热，蒸发作用较强；洪泽凹陷是以红色泥岩为主夹石膏层，属于蒸发作用强烈的淤积平原。晚期，地壳有所下降，使湖水扩大，东部形成湖区，沉积了一套暗色泥岩。物源来自西南的来安、马坝和江都、宜陵一带，以及来自东北的柘垛方向；在盐阜坳陷则来自西北缘及北缘。

阜一段的孢粉组合以被子植物为主，反映了比较干旱的亚热带型气候。

*2. 相带的划分与分布*（图 2-5-2a）

(1) 洪积相　分布在西北边缘以及西南边缘邵伯—许庄一带，岩性是砂砾岩夹红泥，砾石成分杂，分选差，由根部—中部—端部粒级渐变小；在单因素图上等值线密集，急剧递减，反映从砾—砂—泥近距离内变化很快，都属高值区（表 2-5-2）。

**表 2-5-2　洪积相代表井砂砾岩占地层厚度百分比**

| 比值 \ 井号 | 钛 34 | 钛 30 | 潘 1 | 洪 2 | 盱 4 | 苏 98 | 邵 2（有断缺） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 砂质岩占地层% | 92.97 | 100 | 66.9 | 100 | 70.43 | 52.31 | 46.93 |
| 砂砾岩占地层% | 21.0 | 24.08 | 39.46 | 99.71 | 6.65 | | |
| 砂泥比值 | 13.23 | | 2.02 | | 2.38 | 1.1 | 0.83 |

(2) 河流相　分布在洪积相的外围，东台坳陷西部与中部，及除盐城凹陷外的盐阜涟地区；岩性组合往往是正韵律的河流砂体与红色砂质泥岩的互层，具二元结构特征；在砂岩等厚图上亦是高值区。在砂岩百分比图上等值线递减均匀、平缓，而且随着河流的流向与分支可出现相应的变化，可大致判断河流的数目与位置；在岩性分区图上，以砂岩—泥岩区为

主，向外依次出现粉砂—泥岩区与含粉砂、砂岩泥岩区；在泥岩色图为过渡色与红色区。

(3) 三角洲相　由于阜一段沉积时湖区极不发育，早期可能只在海安、白驹、盐城等地有些浅水体，后期水体开始向西扩展，在东台—博镇一带可能形成三角洲砂体，但由于远离物源，气候干旱，河流不稳定，常呈间歇河，故入湖处的三角洲不稳定，范围也小。

(4) 湖相　分布在曲塘、海安、盐城一带，岩性以红、黑相间的砂质泥岩为主夹些小砂层，后期则以暗色泥岩为主，它在暗色泥岩等厚图上是最高值区，岩性分区为暗色泥岩区。

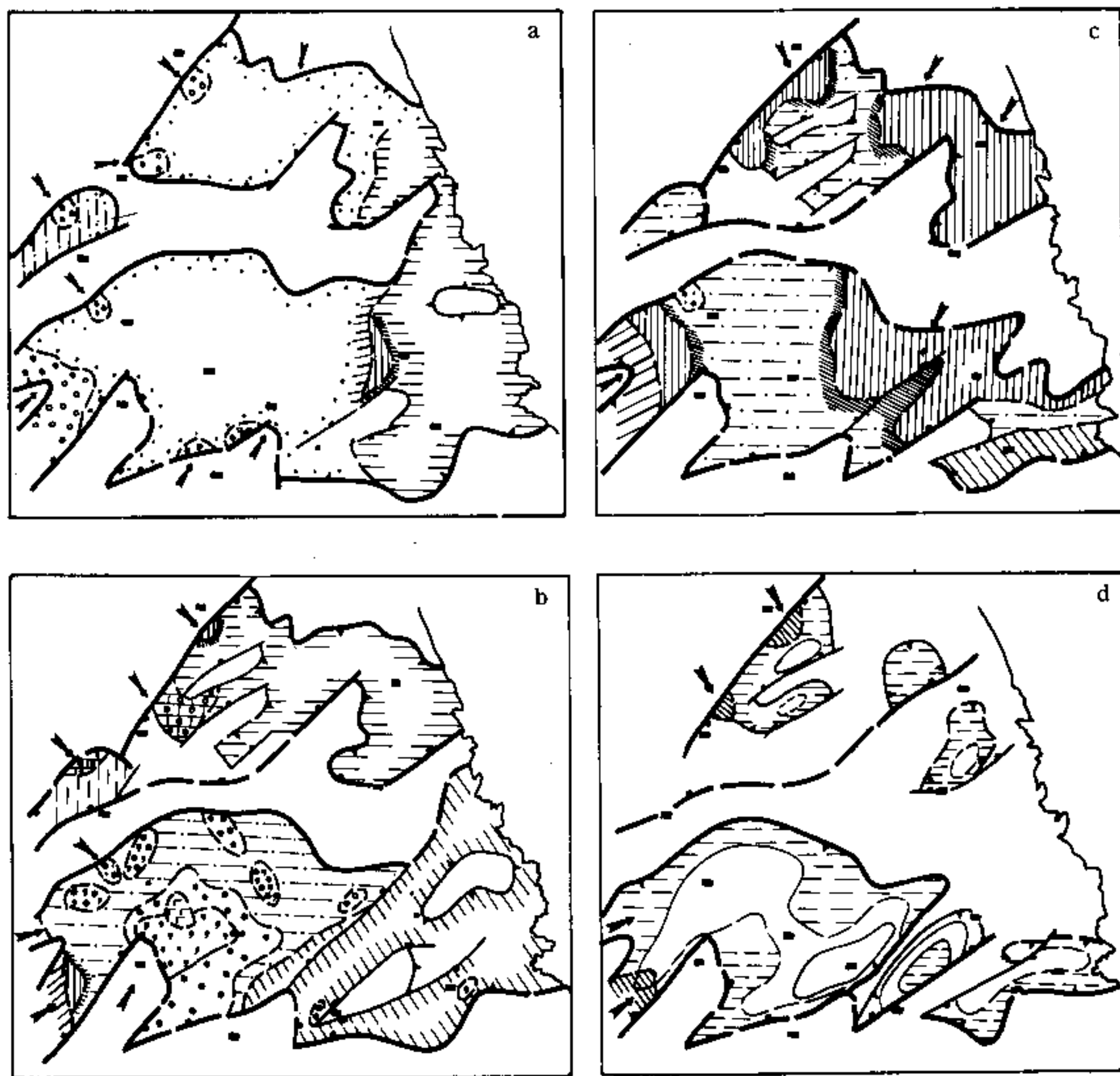



图 2-5-2　苏北盆地阜宁组岩相图

a—阜一段中—晚期岩相图；b—阜二段早期岩相图；c—阜三段岩相图；d—阜四段岩相图；图例同图 2-5-1

### 三、阜二段

是一套以灰黑色泥岩为主，富含碳酸盐岩、粉砂岩、油页岩薄层等的特殊地层，在纵向上可分三部分，下部为灰黑色泥岩夹粉砂岩、生物灰岩、鲕灰岩等可能受海侵影响的浅湖相地层；中部灰黑色泥岩与泥灰岩、白云质灰岩、油页岩等薄互层（东部海安一带还有方沸石

化凝灰岩），为较深湖相沉积；上部较纯的灰黑色泥岩段，为稳定的湖相沉积；全段地层富含有机质，在还原环境下形成苏北盆地良好的生油层系（图2-5-2b）。

*1. 沉积环境*

阜二段沉积时期湖盆比较平静，周围高差不大，基本还保持自西向东倾斜的局面，水体属半咸水，生物繁盛，横向上自西向东水体渐深；纵向上，初期由于地壳运动相对平静，陆地继续下降，剥蚀减弱，使入湖碎屑物大大减少，致使湖体迅速扩大到全盆地，在水较浅的中、西部沉积了一套生物灰岩、虫管灰岩等粗结构碳酸盐岩。中期，湖盆水体扩展，水面上升，水深加大，沉积了一套岩性均一的灰黑色泥岩夹泥灰岩、油页岩等，这是半深水环境的产物。后期，继续沉积了一套灰黑色湖相泥岩。阜二段沉积范围比阜一段扩大，厚度比较稳定，一般在200～300米左右，其沉积中心与沉降中心基本一致。

*2. 相带的划分与分布（图2-5-2b）*

(1) 三角洲相　在天长、马坝有小型河流三角洲，另在灌南、涟水、射阳等边缘地区可能有些小河流入湖。在砂岩等厚图上相对厚度较大（30～10米），在砂岩百分比图上与砂泥比图上相对数值较高（分别为20～5%、0.3～0.1），但相邻的是暗色泥岩，推测是三角洲前缘砂体。

(2) 水下冲积扇　在洪2井。其它在西北缘、南缘可能还有，岩性以砂砾岩为主夹黑色泥岩，岩性分区图上为泥岩—砂岩区。

(3) 碳酸盐相　在中部和西部都很发育，东部泰州、曲塘一带低凸起之边缘也有零星分布。剖面特征在灰黑色泥岩中夹很多虫管灰岩、介形虫灰岩、生物碎屑灰岩、鲕灰岩、藻灰岩等，同时还有一定的陆源碎屑，这是由于湖盆边缘滨湖水较浅，能量较大的缘故，根据各地地貌的不同，环境的差异，可进一步分成具有岸外浅滩、不具岸外浅滩、玄武岩台坪亚相等；结合主要岩性的特点，还可进一步分出生物鲕滩、生物滩、鲕灰岩、生物灰岩等微相。

1）岸外浅滩亚相。在湖盆西北缘紧靠金湖凹陷滨湖区呈带状分布，宽度5～18公里，一般5～10公里，岩性为深灰色泥岩夹生物灰岩、虫管灰岩、藻灰岩、鲕状灰岩和粉细砂岩，上部夹泥灰岩或油页岩。石灰岩总厚15～35米，生物灰岩10米左右。地层中微细交错层理十分发育，成为良好的储集层，如刘20井见较多藻类、介形虫及螺化石、植物碎片沿层面分布，反映浅水沉积环境。

2）不具岸外浅滩亚相。分布在湖盆西南和中部仪征、邗江一带，岸坡较陡，波浪带可直抵滨岸区，不出现岸外浅滩，自岸向外能量递减，从滨岸区的亮晶鲕粒灰岩逐渐过渡为岸外斜坡的表鲕球粒灰岩，以及浅水、半深水的球粒泥晶灰岩、泥灰岩等。西北缘涟南一带也是鲕灰岩与泥灰岩发育的浅滩区。

3）玄武岩台坪亚相。分布在闵桥—塔集一带，阜一段后期的玄武岩喷发造成较高隆起，后经风化剥蚀与下降形成了水下隆起，由于水较浅，适于生物生长繁殖，沉积了2～15米的生物灰岩，常与虫管、介形虫碎屑和鲕粒混生。

(4) 湖相　分布在广大的东部地区如海安、曲塘、溱潼、高邮东、盐城等地区。东台坳陷在兴化—邵伯一线以西为浅湖亚相，该线以东为半深湖亚相，岩性主要是灰黑色泥岩夹少量泥灰岩薄层，还夹少许方沸石化凝灰岩，代表比较平静的半深湖相还原性环境，盐度较西部高些。浅湖亚相沿岸外浅滩、玄武岩台坪呈环带状分布，岩性组合为暗色泥岩、粉砂岩、结晶灰岩和泥灰岩，砂岩以灰质胶结为主，微细水平层理发育，含介形虫、鱼碎骨、植物炭屑等。

(5) 闭塞泻湖相　分布在洪泽凹陷，富含石膏及岩盐层，代表气候干旱闭塞泻湖环境。宝6井一带，也夹薄石膏层，未见虫管，常见干裂和虫穴等构造，推测也属于水流不畅的环境。

**四、阜三段**

阜三段为一套砂、粉砂和灰黑色泥岩的互层，砂体常具反粒序，厚度一般200~300米，在纵向上大致可分砂（为主）—泥（为主）—砂（为主）三段，代表水退—水进—水退的过程。在溱潼凹陷、三河次凹、溱栏西部、海安凹陷及阜宁凹陷南部等地区砂体很不发育，三分性不明显。

*1. 沉积环境*

阜三段沉积时，地壳运动使盆地周缘隆起加剧，导致河流下切，流量增加，同时，海水相对下降，湖水入海，导致湖盆水体淡化，陆屑供给增多，因此发育了很多三角洲砂体。在东台坳陷主要有天长—马坝水系、柘垛—东台水系形成两大三角洲水系，在盐阜坳陷，则有灌南、饮20、滨海、引水沟等水系形成一些小型三角洲砂体。天长—马坝水系三角洲砂体只在金湖以西分布，柘垛—东台水系三角洲砂体则在汜水次凹、高邮凹陷、溱潼凹陷广大地区存在，成为阜宁组主要的产层。

建湖隆起剥蚀区砂岩等厚图。砂岩百分比图等值线均反映由北东→南西降低，岩性分区图也反映北粗南细，这都反映北东水系在阜三段时已成为主要的物源方向。除上述诸水系的物源方向外，在岩屑百分含量图上看出还可能存在江都以北、泰州以北的物源方向。

*2. 相带的划分与分布（图2–5–2c）*

(1) 三角洲相　分布在东台坳陷柘垛—白驹—东台，天长—马坝，以及盐阜坳陷的中心灶、吕港、涟北、涟南广大地区，都是由多条河流形成多个三角洲串联而成。岩性上是一套砂、粉砂与灰黑色泥岩的间互层，具反韵律性，西部间互棕红色泥岩则代表三角洲陆上部分。它们在砂岩等厚图上、砂岩百分比图上都是高值区，在岩性分区图上相对比较粗（表2–5–3）。

**表2–5–3　三角洲相代表井在单因素图上的数值**

| 图名＼井号 | 天深22 | 盱4 | 东62 | 东26 | 苏84 | $D_2$ | 灌1 | 饮20 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 砂岩等厚图 | 206.5 | 113.5 | 152 | 91.5 | 121 | 98 | 65 | 105.5 | |
| 砂岩百分比图 | 40.8% | 64.7% | 43.5% | 35.9% | 41.2% | 44% | 49.2% | 48.7% | 均匀递减 |
| 砂泥比值图 | 0.69 | 1.83 | 0.79 | 0.59 | 0.7 | 0.86 | 0.97 | 0.95 | 明显 |
| 岩性分区图 | 砂岩—泥岩区 | 泥岩—粉砂岩区 | 粉砂—泥岩区 | 砂岩—泥岩区 | 粉砂—泥岩区—砂岩—泥岩 | 泥岩—粉砂岩区 | 粉砂—泥岩区 | 粉砂—泥岩区 | |

高邮凹陷柘垛—东台三角洲，在北部柘1—东62—东深16—东38井一线以北的广大地区均为三角洲前缘亚相，可细分三个微相，特征是：

1）水下分流河道。岩性由浅灰、灰白色细砂岩、粉细砂岩、粉砂岩及灰、灰黑色泥岩组成正韵律，少数井底部含泥砾；砂岩单层厚度2～4米，最厚6米；沉积构造由下向上有大型斜层理，大型板状层理，槽状交错层理，波状层理及水平层理。

2）河口坝。岩性主要是粉砂岩、细砂岩，具反韵律特征；单砂层厚1～3米，韵律厚度最大可达30米；沉积构造有波状、波状交错、楔状交错、板状交错层理，见生物扰动及揉皱等构造。

3）远沙坝。因水动力减弱，粒度变细，砂层减薄，泥质含量增高，由灰、灰黑色泥岩到灰色粉砂岩组成反韵律；沉积构造有水平、透镜状、波状、波状交错层理，生物扰动、虫穴和滑动构造发育，说明受到波浪的改造作用较大。

前三角洲亚相位于三角洲前缘的前方，并与浅湖亚相连结，岩性主要是灰黑色泥岩和粉砂质泥岩，沉积构造为水平层理、微波状层理，自然电位曲线呈平直—微齿状形态。

(2) 湖相　分布在秦栏、三河、海安等地，以灰黑色泥岩为主夹少量薄层粉砂岩、泥灰岩。大部分地区为浅湖亚相，在海安凹陷为半深湖亚相。

(3) 近岸水下扇　在西北边缘洪2井区，含砾石层或含砾砂岩夹于暗色泥岩中，在砂岩等厚图、砂岩百分比图上均反映为高值区。

(4) 浊积扇　在高邮凹陷西北部苏82井附近，岩性为灰色细砂岩及粉砂岩夹于大套黑色泥岩中，据该井取芯，砂岩厚度大于10米，往两边苏86井、苏96井减薄。可细分五个发育程度不等的鲍玛序列，砂岩成分复杂，杂基含量高达25%，分选差；沉积构造有滑动层理、块状、粒序层理、波纹层理、水平层理。

**五、阜四段**

阜四段纵向上大致分为上下两部：下部主要是灰黑色泥岩与钙质泥岩的韵律层，上部是灰黑色泥岩为主夹少量薄层或条带泥灰岩、油页岩或粉砂岩、泥质白云岩等。

*1. 沉积环境*

阜四段时水进范围比阜三段时大，水体较深，并可能有海水侵入，由于阜四段末期的吴堡运动，造成其顶界是个明显的剥蚀面，剥蚀幅度相当大，故难以恢复当时的沉积面貌。根据泥灰岩的发育情况，推测当时湖盆西部略高、东部略低，海水从东侵入，水系主要从西流入，其中以天长—马坝水系、西北的灌南—饮18井水系为明显。

*2. 相带的划分与分布（图2-5-2d）*

(1) 三角洲前缘相　在靠近边缘地区，如盱4井、饮18井、涟北、盐城等地，有小砂体分布，层薄，粒细，夹于灰黑色泥岩间，可能属三角洲前缘的端部。

(2) 湖相　除西部边缘来安、盱眙等地见到滨岸带的虫管灰岩外，其它广大的黑泥岩分布区均为湖相区，水体西部较浅，东部较深。

**六、戴一段**

*1. 沉积环境*

戴一段沉积是在吴堡运动后造成基底抬升，北东向断裂进一步发育，整个湖盆被分割成若干北东向箕状小断陷湖盆基础上的产物。早期沉积范围局限在金湖、高邮、溱潼、盐城等凹陷内，海安与白驹也有少量沉积。下部是一套砂岩、砂砾岩夹泥岩的粗碎屑沉积物，是在阜四段剥蚀面上的洪积或河流冲积的产物。以后湖区地层逐层超覆，到戴一段后期，地壳又

趋稳定，地表迳流发育，达到最大湖侵，上部是一套灰黑色泥岩夹砂岩的湖相沉积。总的说来，戴一段是个湖相加三角洲与水下扇的沉积环境。

由于受到诸多凸起、低凸起的分隔，构成多物源方向，具体来说，金湖凹陷仍继承了阜宁组时西南缘天长—马坝主水系，还有建湖隆起与天长隆起的物源供给；高邮凹陷物源来自南方的江都凸起和北边的柘垛低凸起；溱潼凹陷物源来自泰州低凸起和小海凸起；盐城凹陷物源方向自东向西，洪泽凹陷是自北向南。上述物源方向在重矿资料上都有反映。

*2. 相带的划分与分布（图 2-5-3）*

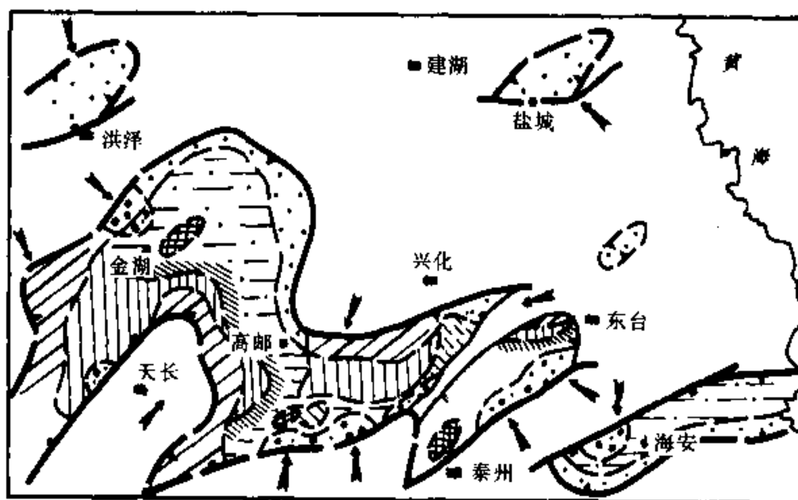



图 2-5-3　苏北盆地戴一段岩相图

图例同图 2-5-1

（1）近岸水下扇亚相　分布在高邮凹陷、溱潼凹陷的南缘，海安凹陷西北缘，金湖凹陷西南缘大断层的下降盘，沿陡岸往往成裙边状分布，岩性特点是砂砾含量高，泥岩夹层色暗，砂岩等值线向内递减快、密，在砂岩百分比、砂泥比图上都是高值区，岩性分区图上一般为泥岩—砂岩至砂岩—泥岩区。

（2）浊积扇亚相　分布在高邮、溱潼、金湖深凹处，岩性是在湖相黑泥中夹有砂砾岩，它在砂岩百分比图与砂泥比图上是低值区中出现较高值（如在金湖），在岩性分区图上是泥岩区中有砂岩—泥岩区，在泥岩色图上是暗色或过渡色区。该相带沿陡带平行分布于水下扇的前缘。

（3）三角洲前缘亚相　分布在箕状凹陷的缓坡，高邮凹陷永安—花庄三角洲，金湖凹陷天长—马坝三角洲、闵桥三角洲，溱潼凹陷东台—草舍三角洲等。岩性是砂岩夹过渡色泥岩，正、反粒序均有。在砂岩百分比图与砂泥比图上都是高值区的均匀递减带，延伸较远，在岩性分区图上一般是砂岩—泥岩区—粉砂—泥岩区，在泥岩色图上是过渡色泥岩区。

（4）河流相和三角洲平原亚相　不明确岸线以外陆上都划分此相带，岩性是紫红、棕红泥岩夹正韵律的河流砂体。洪泽凹陷并含石膏，属闭塞环境。上述相带在泥岩色图上是红区，在砂岩百分比、砂泥比图上沿河道位置都是高值带，向河道两旁降低，可根据图上等值线的弯曲形态与递减趋势，推测河流的大致位置，在岩性分区图上是泥岩—砂岩与砂岩—泥

岩区。

(5) 半深湖亚相　在邵伯凹陷一带，主要是暗色泥岩，它在地层等厚图、暗色泥岩等厚图上都是最高值区，岩性分区图上是泥岩区，泥岩颜色为暗色，既是沉积中心也是沉降中心。

(6) 浅湖—前三角洲亚相　在湖区范围内，在三角洲前缘和半深湖相之间，岩性以泥岩为主夹薄细砂体，泥岩颜色为过渡色夹暗色，在各种单因素图上都处于过渡位置。此外，在高邮凹陷东北部，陈堡—竹弘镇一带，岩性以暗色夹过渡色泥岩为主，它在砂岩等厚、暗色泥岩等厚、砂岩百分比、砂泥比图上都是低值区，在岩性分区图上是泥岩区，这里应是水体较浅、又较平静的湖湾区。

(7) 洪积扇亚相　在金湖凹陷西北缘苏 142—苏 72 井一带，岩性主要为砂砾岩夹红色泥岩，岩性分区属砂岩—泥岩区，砂岩等厚图、砂岩百分比图上均为高值区，推测是由建湖隆起供给的陆屑物质。

高邮凹陷戴一段，1984～1985 年在利用 35 口取芯资料，建立 17 口单井相剖面的工作基础上，进行了沉积相研究，以上部分布稳定的五个高电导泥岩段为标志层，以岩性、电性、旋回性为特征，分了五个时间单元，作了一系列图件，现综述相带的展布。

高邮凹陷戴一段在水进式的广湖相背景上受南、北两大物源的影响，形成了北部三角洲、浊积扇及南部近岸水下扇的两大沉积体系，总的为充填—超覆式沉积，湖侵范围由小到大，形成的水下扇与三角洲体也越来越大。

南部由于江都凸起伸向湖盆—真武古鼻横切断陷湖盆，以及北部汉留断裂的限制，形成了东、西两部分，即樊川、邵伯两个深凹，沉积以暗色泥岩为主，是深湖—半深湖亚相，南部大断层下降盘以古隆起为背景发育近岸水下扇，由单个扇体逐渐形成复合群体。

北部斜坡发育三角洲、浊积扇。源于建湖隆起的水系，流经柘垛低凸起；顺斜坡由多个水系向湖盆内延伸，主要有三支：一支流向花庄，一支流向富民，一支流向永安和联盟庄。分别在这三个地带形成三角洲。随着水系发育的加强和南、北坡降的减缓，三角洲的范围也不断扩大，三角洲前缘相带变宽、南移。随着三角洲的前积，斜坡角加大，以及汉留断裂的活动，在永安和联盟庄发育了浊积扇体。盆地自西北方向从岩性与岩矿资料推测也有一次要物源。

**七、戴二段**

*1. 沉积环境*

戴二段的沉积格局大体和戴一段相似，地壳再次抬升，湖盆比戴一段时期大为缩小、变浅。只在高邮凹陷南部，溱潼凹陷西南部，以及金湖凹陷东部，盐城凹陷南部，海安凹陷北部有水体，但后期又急剧变小，如高邮凹陷，除在马家咀—樊川一带及东北角竹弘镇一带还存在外，其余部分都已出露水面了。

戴二段岩性总的是一套砂、泥岩互层，由下向上有粗—细—粗的三分性，代表着三角洲向河流转化的过程，也是湖体逐渐缩小的过程。

*2. 相带划分与分布（图 2-5-4）*

(1) 滨湖冲积扇亚相　分布在高邮凹陷南缘黄珏—许庄一带，溱潼凹陷储家楼—莫庄一带。岩性以砂砾岩富集并夹泥岩的互层，在陆上部分一般夹的是红泥，在砂岩百分比、砂泥比图上都是高值区，为扇根部分，沿陡岸分布；向外扇体延伸入湖，岩性以砂岩为主与过渡色泥岩互层，砂体粒序性明显，正、反都有，在砂岩百分比、砂泥比图上也是较高值区，等

值线递变较密，在岩性分区图上一般是砂岩—泥岩区至粉砂—泥岩区，泥岩色图上为过渡色泥岩区，主要为扇中部分；再向湖区延伸为扇端部分。

(2) 三角洲前缘亚相　在天长、马坝、闵桥、柘垛、东台等地都有分布，是在较平缓的斜坡上形成的，前伸距离也较远，表现在砂岩百分比、砂泥比图上虽是高值区，但等值线的递减较匀疏，在岩性分区图上是砂砾岩区、砂岩—粉砂岩区、砂岩—泥岩区等，在泥岩色图上为红色—过渡色区。

(3) 半深湖亚相　在邵伯深凹苏66井一带。以黑色泥岩为主夹些薄层粉砂岩，地层厚度与暗色泥岩厚度最大，砂岩厚度最小，砂岩百分比图、砂泥比图上均为低值区，岩性分区属纯泥岩区，在泥岩色图上是暗色泥岩区。

(4) 浅湖亚相　在岸线以内，除上述相带外的广大湖区都是浅湖区。

(5) 河流相和三角洲平原亚相　二者互相连接在一起不易区分，在岩性上也相似，分布于盆地的西、北、中部的广大陆上地区，即金湖凹陷西、北部，高邮凹陷西、北部，溱潼凹陷东北部及盐城凹陷北部。它在单因素图上的反映与戴一段相同。

(6) 冲积扇亚相　分布在盐城凹陷东南缘，它在砂岩百分比、砂岩等厚图上均为高值区，据前人对高邮凹陷戴二段沉积相的研究，对高邮凹陷戴二段沉积环境和相带的划分综述如下：

高邮凹陷戴二段继承了戴一段南陡北缓的箕状断陷的特征，沉积中心与沉降中心一致，在深凹偏南的邵伯深凹，由于地壳的抬升，水体变浅，原半深湖—浅湖变为浅—滨湖环境，由南北两大物源形成两大沉积体系，

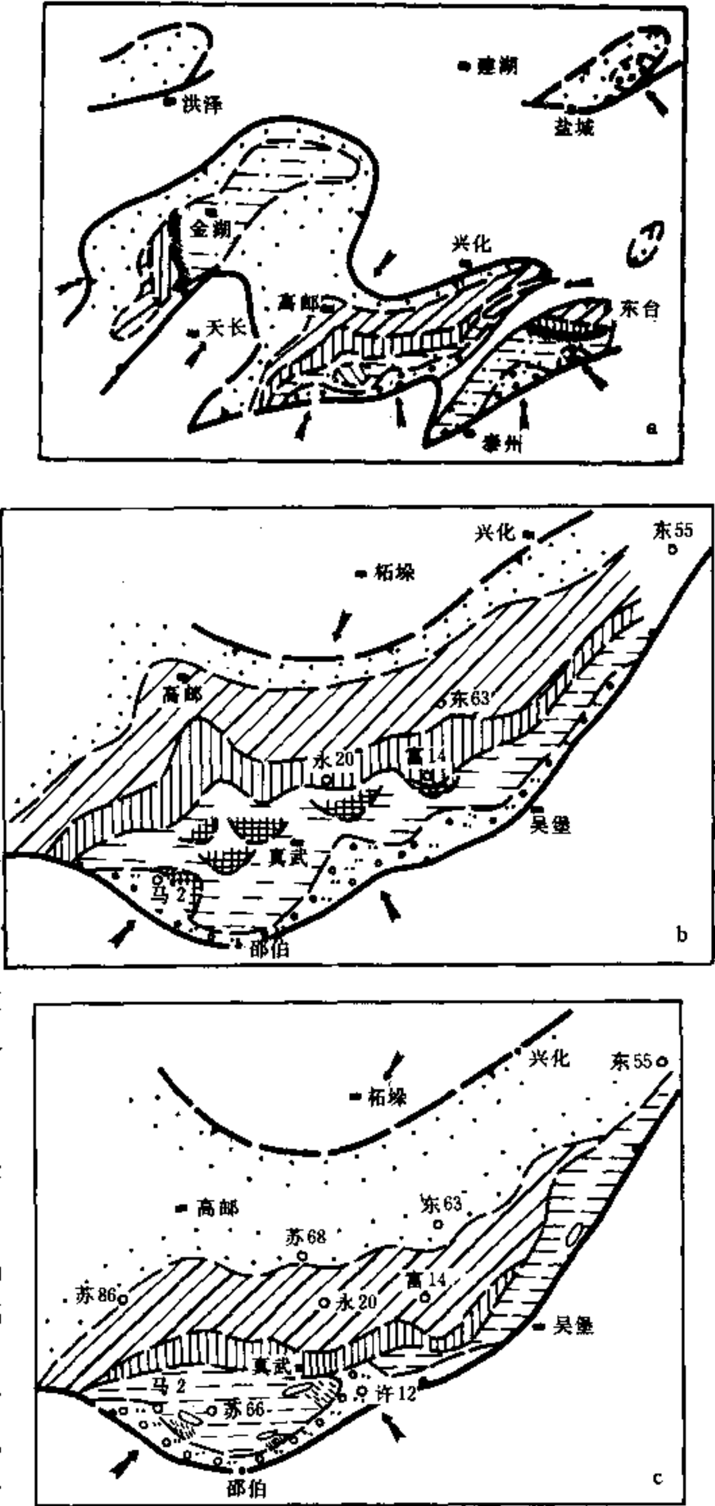



图 2-5-4　戴二段岩相图

a—戴二段岩相图；b—戴二段早期岩相图；c—戴二段晚期岩相图；图例同图 2-5-1

南部由江都凸起造成的坡降仍较大，形成浅水重力流，为滨湖冲积扇—浅滨湖沉积体系，北部主要由柘垛—东台水系发育三角洲—浅滨湖沉积体系。高邮凹陷戴二段相带的展布可分早期和晚期来阐述：

戴二段早期（图 2-5-4b）

1）滨湖冲积扇亚相。紧靠南缘同生大断层下降盘，由马家咀至高里庄成裙带状分布，进一步可分：

①扇根　主要分布于南部断阶带黄珏南部和许庄地区，以泥石流为主夹河道充填沉积，泥石流岩性以含砾泥质砂岩为主，次为含砾砂质泥岩，基质支撑，粗颗粒以"漂浮状"悬于基质之中；河道充填沉积以砾岩、砾状砂岩为主，块状层或不清晰的大型交错层理，结构成熟度低，粒度概率曲线为洪水型，斜率小，分选差，悬浮组分含量高。

②扇中　在地势相对较高的马家嘴—黄珏和富民地区，扇中微相尤为发育，堆积有近百米厚的砂体，发育重力流切割湖底形成的水下网状水道，岩性以含砾砂岩、细砂岩为主，少量中砂层及泥岩夹层，反映河道的游荡性。

③扇端　在真武、周庄等水体较深的地带，延伸较远，可抵达深凹带，与北部的前三角洲或浊积扇前端部位相遇，形成叠覆砂体。

2）河流相。在三垛断裂以北紧靠柘垛低凸起的山前，西起苏 92 井东至苏 56 井以东一带，发育河流相。

3）三角洲相。在三垛断裂与四异村—卸甲庄断裂之间为三角洲平原亚相，西起送驾桥苏 69 井东至东 55 井附近。在四异村—卸甲庄断裂以南与八桥—沙埝断裂以北为三角洲前缘亚相。三角洲前缘进一步可分出水下河道、河口坝、席状砂等微相，分别以正与反韵律为特点，水下河道岩性自下而上为：含泥砾砂岩—细砂岩—粉砂岩—泥岩；河口坝岩性自下而上：粉砂—细砂—中砂岩，沉积构造为波状—小型交错—平行层理，变形构造，滑动褶皱。在永安及其以东地区因以河流作用为主，前缘砂体呈朵状；联盟庄地区因受湖浪改造作用强烈，三角洲前缘砂体呈席状。再往南为前三角洲亚相。

4）浊积扇亚相。在靠近邵伯、樊川深凹的联盟庄—永安—富民一带，受八桥—沙埝断裂的影响，使三角洲前缘地形变陡，在断裂下降盘形成滑塌浊积扇，穿插于湖中并可深入到深凹带。沉积特征间断正韵律，底部突变顶部渐变，岩性从下至上：泥石流的泥质砾岩—砾岩—含砾砂岩—细砂岩—粉砂岩—泥岩；构造序列为冲刷面—块状层—递变层理—平行层理—小型交错层理；砾石排列多为长轴平行水流方向，鳞复状排列组构。

5）湖相。

①滨浅湖亚相：以暗棕、棕色泥岩、页岩和粉砂岩为主，含少量钙质粉砂岩，多见水平层理、波状层理，生物挠动构造发育，化石丰富，但因处于弱氧化环境保存较差。该相带与前三角洲泥、滨湖冲积扇交互沉积，围绕深凹带分布。

②半深湖亚相：岩性以暗棕、深灰、灰黑色泥岩、页岩为主，水平层理较发育，富含黄铁矿，分布于邵伯、樊川深凹。

戴二段晚期（2-1 砂层组）（图 2-5-4c）

由于气候变得干热，陆源水系注入量减少，湖盆进一步萎缩、变浅、北部大部分被陆上沉积占据，来自柘垛低凸起的水系进一步发育，岸线向南推移，河流泛滥平原推进到苏 68 井—东 63 井一带，三角洲平原前积到联盟庄北—永安—富民一带，三角洲前缘向南推进到联盟庄—真武—曹庄北部—富民南部一带，三角洲前缘和南部的滨湖冲积扇都呈窄相带展

布，滨湖冲积扇比戴二段早期更加退缩到南缘的黄珏—许庄一带。在曹庄和富民南部地区，南北岸线很接近，出现了南北两大沉积体系交叉叠覆的局面。

## 八、垛一段

*1. 沉积环境*

垛一段下部是以浅灰、浅棕色块状砂岩、含砾砂岩、泥砾岩为主的粗碎屑沉积，上部是一套以棕红色泥岩为主夹棕色泥质砂岩的红层，组成一个大的正旋回。沉积格局与戴二段基本相似，受二级构造带与断裂的严格控制。戴二段末期广大地区抬升为陆，广阔的水域消失。垛一段初期，曾发生过一次短暂的湖侵，形成了分布广、厚4～12米的灰黑色泥岩标志层，在部分深凹地区还有湖体的存在，如黄珏东—真武、樊川、刘五舍一带，但更多的湖区都已消失，变为陆上河流冲积环境，地表曾普遍遭受河流的冲积，沉积了一套含泥砾发育的砂岩，粒粗，成熟度低、能量大，反映该时期水量较大。到中后期，由于再次抬升，伴有玄武岩的喷发，盆地进入了一个比较干热的河流泛滥平原环境。因此在纵向上是气候变热，湖体消失到河流泛滥的过程，在平面上岩性由西向东由粗变细，海安一带垛一段砂体又细又小，在溱潼一带垛一段泥岩中常含花斑状石膏，是水流汇合东流过程中、在一些停滞水体中不断蒸发而形成。物质来源仍是靠西部主水系，但柘垛—东台水系也很突出，此外，还有江都向北、洪泽向南、盐城向东、鲁苏向西、滨海向南等较小的水系，在各种单因素图及重矿物图上分别都有反映。

*2. 相带的初步划分与分布（图2–5–5）*

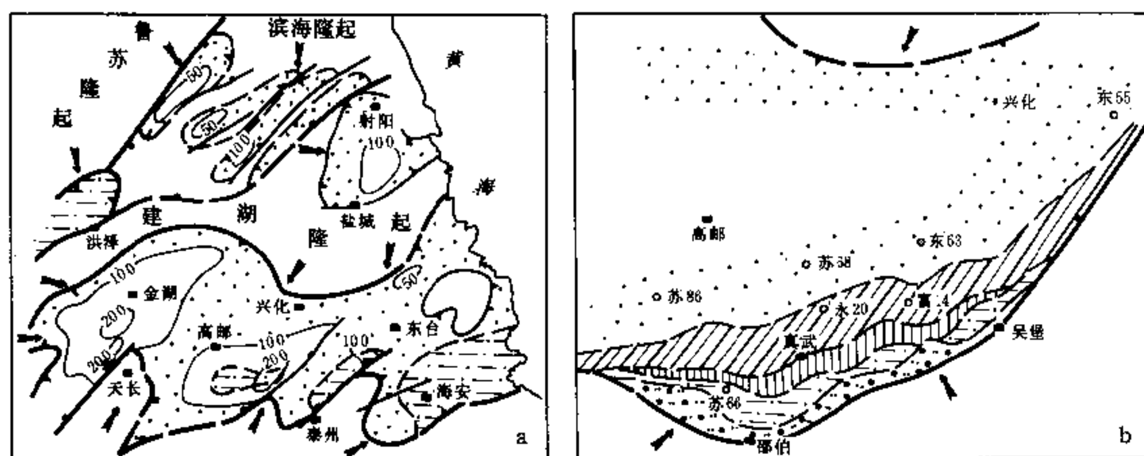



图2–5–5　苏北盆地垛一段岩相图

a—垛一段岩相图；b—垛一段早期岩相图

图例同图2–5–1

(1) 季节性积水洼地　分布在高邮凹陷南部，溱潼凹陷西南部，海安凹陷广大地区，以及汜水次凹、洪泽凹陷。其特点是水量极不稳定，受季节性影响大，水浅、蒸发作用强烈，常可干枯，岩性以红泥为主，在砂岩等厚图、砂岩百分比图都是低值带，在岩性分区图上往往是泥岩区，少数为粉砂—泥岩区。

(2) 河流相　分布于盐阜坳陷、东台坳陷的大部分地区，在砂岩百分比图、砂泥比图上

都是高值带，泥岩颜色分区大多为红色泥岩区，少数为过渡色区。

据高邮凹陷在垛一段所作的沉积相研究成果，对相带的分布与划分如下：

垛一段早期（图2-5-5b）

1）河流相。分布于高邮凹陷北部的广大地区，联盟庄以北、花庄至陈1井一带。砂岩百分比、砂泥比数值相对都是高值区（分别为40～60%，0.5～1.5），岩性分区图上由北向南为泥岩—粉砂岩、砂岩—泥岩，泥岩颜色分区绝大部分为红色泥岩区，少数过渡色区。岩性由浅棕色砂砾岩、砂岩、泥质粉砂岩、棕红色泥岩构成频繁的正韵律，底部多具冲蚀构造，韵律层大多不完整，上部的细粒沉积常减薄或缺失，反映了河流摆动频繁，冲蚀能力强，具游荡河特征。

2）三角洲平原亚相。北部水系进一步发育，岸线比戴二段晚期更向南推进，三角洲平原相带南移到联盟庄—真武北部—富民—高里庄一带。真武—曹庄垛一段第六砂层组砂层厚度自北向南由60米减薄至20米，砂岩百分比由70～40%，碎屑岩颗粒北粗南细，北部井以含砾砂岩、粗—中砂岩为主，中部井以中—细砂岩为主，砂岩分选中—好，再往南砂岩尖灭。三角洲平原亚相进一步可分出分流河道、决口扇、天然堤、河间洼地等微相。分流河道以正韵律、复合正韵律为主，二元结构明显，砂砾岩约占纵剖面厚度的三分之二，底部常具冲刷面和泥砾岩，沉积构造有单斜层理、板状交错层理、槽状交错层理、平行层理、递变层理等。

3）三角洲前缘亚相。在三角洲平原的南部相邻分布呈窄相带，在联盟庄—真武—曹庄南部—富民南部一带。进一步可分水下分流河道、河口坝、远沙坝等微相。①水下分流河道：是陆上分流河道的延伸，真武、曹庄均有数条较短的水下分流河道，岩性自下而上为灰质砾状砂岩、中细砂岩、粉细砂岩，复合正韵律为主，沉积构造为单斜层理，板状、槽状交错层理。②河口坝：第六砂层组在真武、曹庄构造的西南部，位于分流河床和水下分流河道的前缘和侧缘，平面上呈扇形，岩性以厚层细、粉砂岩为主，下细上粗，多为复合反韵律，少数复合韵律，说明具双向水流的河口地区特征。③远沙坝：为河口坝以外的小面积的小透镜体，第六砂层组在真武西南的真81井附近，岩性为粉砂岩、泥质粉砂岩薄层。

4）季节性积水洼地（残留浅湖）。高邮凹陷的季节性积水洼地被三角洲前缘砂体的进积而压缩到原邵伯深凹苏66井及其南东和樊川深凹苏6井以南一带。岩性以棕色泥岩为主夹薄层粉砂岩。

5）冲（洪）积扇—滨湖冲积扇。在南缘陡坡马家咀—黄珏一带，在高坡降、高负载条件下，山区近源河流水系直插入湖，形成陆上—水下复合沉积体系，在陆上部分为冲（洪）积扇；在水下部分为滨湖冲积扇。黄珏地区第六砂层组岩性为浅灰绿色、棕红色含砾砂岩、砾岩、泥岩，发育有三、四条辫状河及漫流沉积。

垛一段中晚期

垛一段中晚期地壳再次抬升，伴随玄武岩的喷发，残留湖体萎缩，高邮凹陷柘垛—东台水系和南缘的冲（洪）积扇—滨湖冲积扇的水系都进一步发育，注入残留湖中。河流泛滥，早期的三角洲相被河流相代替；河流由早期的游荡河（辫状河）变为低弯度河（曲流河）。从纵剖面看垛一段下部到中部，韵律结构由大多不完整到完整，完整的沉积构造序列为：底部冲刷构造，一般呈混杂块状构造，有时显示递变层理，下部具平行层理、大型交错层理。中部具中小型交错层理，上部具波状交错层理、波状层理、水平层理及变形构造，顶部块状粉砂质泥岩中时见水平纹理，发育大型虫穴构造，反映流水强度由强变弱的过程。真武—曹

庄地区河流相一个韵律层的总厚度下部为 3.8～7.5 米、平均 5.8 米，中部为 4.5～11.5 米、平均 7.4 米，说明每次水流持续的时间并不长，反映了季节性洪水流特征。垛一段砂体的矿物成熟度由下向上由低到高，反映了从游荡河渐变为低弯度河。低弯度河亚相进一步还可分河床滞留沉积、边滩、串沟淤填沉积、天然堤和泛滥平原等微相。

**九、垛二段**

*1. 沉积环境*

垛二段岩性可分上下两部，下部以河流砂体为主夹少量红泥岩，上部渐变为以棕红夹灰绿色泥岩为主的夹小砂体。垛二段初期，河流多、流量大，重重叠叠形成一套正韵律砂岩为主的河流沉积相；后期，流量减少，携带能力差，渐由砂质变成泥质，流动能力差，氧化作用减弱，在一些低凹处淤积形成红、绿相间的泥岩段。说明当时水体已比较稳定。

岩性的平面变化，还是西部粗东部细，仍反映了主水系来自西部，物源方向与垛一段时大致相同。另外，在溱潼地区垛二段中含石膏质普遍，反映出水流汇合过程中，气候干燥，蒸发作用强烈，环境比较闭塞。

*2. 相带的划分与分布（图 2-5-6）*

垛二段时期气候变得更加干燥，造成河流规模与流量不同。垛二段早期，季节性的积水洼地更加萎缩和不发育，后期则可能增大。

洪泽凹陷也仍是个水系不多，水流不畅，比较闭塞的环境，沉积以红泥为主。

## 第三节　沉积环境的演化

燕山尾幕仪征运动造成地形高差，泰一段早期为山麓堆积的冲（洪）积相沉积，以后地壳下降，地表迳流发育，沉积了一套以砂岩为主的河流相地层。泰二段时地壳运动相对平静，四周陆屑供给不足，湖体兴盛，沉积了一套以黑色泥岩为代表的有海侵影响的湖相地层。在泰州—阜宁组时期，是大坳陷湖盆发育阶段，湖盆经历了三次地壳的升降，造成三次海水的侵进，形成三个大的沉积旋回，每个旋回的下部是水退式的粗碎屑岩为主的沉积，是储集层段；旋回的上部都以水进式的暗色泥岩（或夹碳酸盐薄层）为主，是盆地内的主要生油层段，也是良好的盖层。所以古新世在纵向上构成了几套很好的生、储、盖组合。

吴堡运动后，盆地抬升，伴随着北东向的断裂发育，使坳陷大湖盆解体，分割成一系列北东向的箕状小断陷盆地，沉积以碎屑岩与泥质岩为主，碳酸盐岩基本消失，水体由半咸水变为陆相淡水。

箕状断陷湖盆的初期，戴一段沉积以超覆式出现，湖盆由小变大，气候温暖潮湿，雨量充沛，大量淡水不断注人，水体由半咸水—微咸水—淡水，湖泊水体的范围及深度均较大，凹陷中心为深湖—半深湖区。高邮凹陷南部陡坡带因坡降大，发育了洪水型重力流沉积—近岸水下扇，北部缓坡带以三角洲沉积为主，其前缘同生断裂下降盘还有滑塌型重力流沉积。

戴一段沉积后，断陷湖盆进入后期，戴二段沉积以退覆式出现，湖盆由大变小，在湖盆的深凹部位，仍可组成良好的生、储、盖配套，戴二段中晚期气候转为干热，降雨量较小，湖体的范围及深度减少，从而影响了沉积作用，高邮凹陷南部陡坡带由深水环境的近岸水下扇变为浅水环境的洪水型滨湖冲积扇，北部三角洲逐渐向南扩展，斜坡坡降渐减，滑塌型重力流渐减少，南部在局部水体流通不畅的半封闭环境中蒸发量大于补给量，水体变咸出现半封闭湖湾相，构成了三角洲、滨湖冲积扇和半封闭湖湾相的组合。

垛一段早期，因地形高差较大，加之气候又转为温暖潮湿，雨量充沛，水系发育，主要接受河流沉积，高邮凹陷南部发育冲（洪）积扇和游荡性河沉积，北部、中部的广大地区为河流泛滥平原及三角洲沉积，到中晚期，地形渐趋夷平，游荡性河流变为低弯度河。

戴二段沉积以后，断陷盆地进入了以河流冲积为主的阶段，湖体消失。生油层基本消失，只出现储盖组合。

三垛运动后，断陷盆地逐步夷平，又进入了以坳陷沉积为主阶段，形成了上第三系的广泛充填和披覆。

苏北盆地第三系沉积的演变历史，是以大坳陷湖盆变为小断陷湖盆，再逐步萎缩变小到消失，成为准平原化的过程。湖盆由大到小到无，颜色由黑到红最后变杂。

此外，古气候的周期性变化，也是造成地层演化的另一个因素，比如在戴一段—垛一段时期，在相同的箕状凹陷背景下，造成湖体的扩张与收缩，河流的大小与急缓，以及泥岩的颜色、砂岩的粒度变化、蒸发岩系的分布等等，都说明气候对沉积物的影响，而古气候的演变又与地壳运动的周期性有着内在的联系（图 2–5–7）。

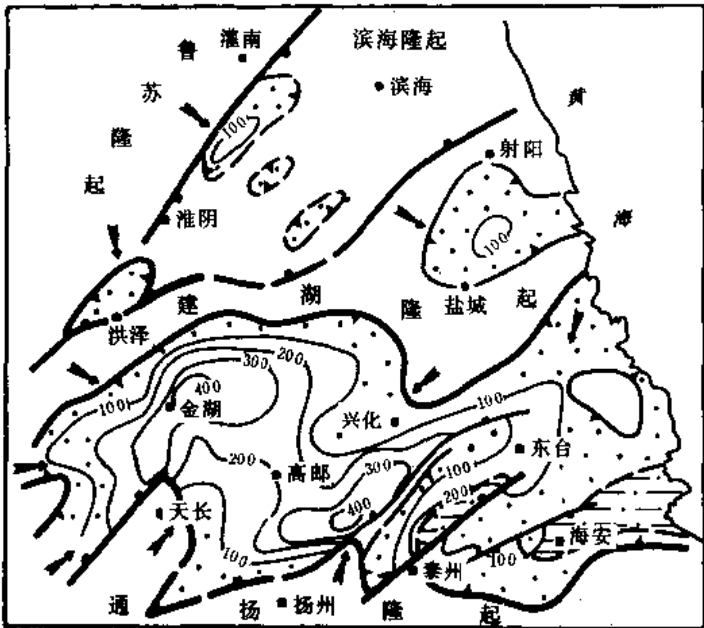



图 2–5–6 苏北盆地垛二段岩相图

图例同图 2–5–1

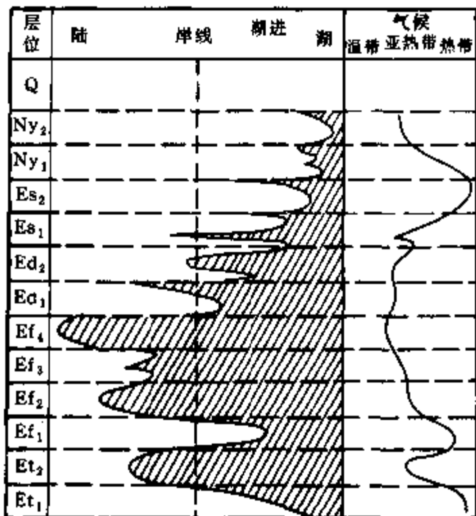



图 2–5–7 苏北盆地水陆变迁与气候演变示意图

除上述的构造运动及气候的控制因素外，断裂对沉积的控制作用也是很明显的，尤其在戴一段以后，大湖盆的分割，小湖盆的东北向排列，各种特殊沉积相带的产生与分布（如浊积岩、水下扇等）都无不受到断裂的控制，而且这种断裂有继承性，也造成了物源与物源方向的继承性以及相带的继承性，这种继承性对苏北盆地油气的生成与聚集是有利的。

# 第四节　有利储集层的分布

## 一、已知含油组段的沉积相类型

苏北盆地下第三系湖盆经历了由形成、发展到消亡的全过程，由于构造运动的频繁和气候的多变，形成了各种沉积环境和众多的沉积类型，造就了各种类型的储集岩体，目前经钻探获工业油气流的有八类，现分类阐述：

(1) 近岸水下扇扇中砂体　泰一段在溱潼凹陷祝庄、淤溪断鼻苏 126、苏 129 井获工业性油流，岩性是细砂岩，夹在灰黑色泥岩中，分析是断阶带陡坡下的近岸水下扇扇中砂体。

戴一段在高邮凹陷南部陡坡带，有马家咀、黄珏、邵伯、真武、曹庄、肖刘庄、富民、刘五舍、周庄等九个水下扇呈裙边状分布，除马家咀、刘五舍外，均有工业油井，成为主力油层之一。储集岩岩性主要为扇中的粉、细砂岩、含砾砂岩，多为正韵律，各微相当中以扇中砂层最发育，粒度适中，分选相对较好（表 2-5-4）。

**表 2-5-4　高邮凹陷 $E_D^1$ 近岸水下扇马 4、真 81、曹 5、富 11 井岩芯分析对比**

| 微相 | 平均粒径<br>Mz(ϕ) | 标准偏差<br>$\sigma_z$ | 成分成熟度<br>Q／F+L | 韵律层厚度<br>(m) |
|---|---|---|---|---|
| 扇根 | 3.02 | 1.201 | 1.15 | 0.4～3.6 |
| 扇中 | 3.27 | 1.169 | 1.32 | 0.4～2.0 |
| 扇端 | 4.09 | 1.144 | 1.62 | 0.15～1.1 |

扇中主水道砂体油层较厚，物性较好，产能较高，例如真 48、真 24 井戴一段油层厚度分别为 14.0、22.8 米，试油日产均达 29 吨。戴一段水下扇扇中砂体累计厚度为 110～200 米。

(2) 滨湖冲积扇扇中砂体　高邮凹陷南部陡坡带上黄珏、真武、曹庄、富民南一带，戴二段中下部滨湖冲积扇呈裙边状分布，除富民南部外都有工业油井，也是主力油层之一。储集层主要为扇中的含砾砂岩、细砂岩。扇中的水下网状水道砂层厚度较大，分选相对较好，分选性比戴一段水下扇扇中稍好，扇中砂层累计厚度由 60 米到 200 米。

(3) 三角洲前缘砂体　阜一段：在溱潼凹陷中东部和高邮凹陷东部有三角洲前缘砂体分布，获工业油流的有溱潼凹陷祝庄构造的东 7 井等。

阜二段：主要有天长—马坝、柘垛—东台两大三角洲体系，目前见工业油流的在金湖凹陷的闵桥、天长、潘庄、张公铺和高邮凹陷的码头庄一带，阜二段为主要产油层。砂层发育，砂岩累计厚度 25～175 米，储集层岩性主要是长石石英粉—细砂岩，单层厚度较小，一般 2～5 米，胶结物含量较高，一般 25～35%，以泥质为主，次为灰质，孔隙—基底式胶结，造成物性差，孔隙度一般 10～20%，渗透率一般 $1\times10^{-3}$～$30\times10^{-3}$ 二次方微米。在高邮凹陷三垛、沙埝和溱潼凹陷草舍、茅山都有低产油流。高邮凹陷东北部三角洲前缘亚相进一步划分为水下分支河道、河口坝和远沙坝三个微相。水下分支河道主要在三垛、沙埝、周庄一带，砂体形态长条状，岩性为细砂岩、粉细砂岩、粉砂岩，砂层单层厚度 2～6 米，据

苏 52、东 33 井 16 块样品分析，孔隙度平均 30%，渗透率平均 $294\times10^{-3}$ 二次方微米，物性较好；河口坝砂体在水下分支河道的前缘，分布在卸甲庄—周庄一带，岩性是粉砂岩、粉细砂岩、细砂岩，单砂层厚 1～3 米，据苏 52、东 33 井 9 块样品分析，孔隙度平均 25%，渗透率平均 $70\times10^{-3}$ 二次方微米。远沙坝在河口坝的前方，储集层岩性为灰色粉砂岩，因粒度变细，泥质含量增高，物性变差。据分析，孔隙度平均 16%。渗透率平均 $2.4\times10^{-3}$ 二次方微米。

戴一段：在各箕状断陷湖盆的缓坡，有高邮凹陷永安—花庄三角洲（西起码头庄、联盟庄，东至沙埝、花庄一带），金湖凹陷的天长—马坝三角洲、闵桥三角洲，溱潼凹陷的东台—草舍三角洲等，广泛发育着三角洲前缘砂体，包括水下分支河道、河口坝、远沙坝等砂体，目前找到工业油流的只有高邮凹陷北部沙埝地区的苏 122 井，日产油 22 立方米，该井纵向上有水下分支河道及河口坝微相，岩性以浅棕色含泥砾砂岩，浅灰、浅棕色中细砂岩、粉砂岩及灰绿色泥岩组成正、反韵律结构。

戴二段：高邮凹陷永安—花庄三角洲向南扩展到真武—曹庄—富民南一带，在真武、曹庄、富民南都有三角洲前缘砂体见工业油流。真武油田戴二段上部第二砂层组是主力产油层之一，油层主要在河口坝、叶状体（似叶片叠覆的河口坝群体）、滨岸坝砂体中，其油层的分布范围、厚度、层数基本与砂体的分布和发育程度一致，例如第二砂层组底部砂体分布最广的叶状体具油层井数也最多（加上构造高部位有利条件），叶状体主体部位砂层厚度较大，油井产量较高（初产大于 50 吨／日），而边部油层减薄，产量也降低。戴二段三角洲前缘砂岩储集层累计厚度 70～200 米。

垛一段：高邮凹陷在联盟庄—真武—曹庄南—富民南—高里庄一带分布着较窄的三角洲前缘相带，在真武、曹庄、富民都有工业油流，有水下分流河道、河口坝砂体出油，以河口坝砂体油井居多。河口坝油层较厚，物性好，例如真武油田第六砂层组砂体厚 30～50 米，单层厚一般 3～20 米，孔隙度一般 21～23%，渗透率一般 $1061\times10^{-3}$～$3235\times10^{-3}$ 二次方微米。垛一段砂岩累计厚度 100～250 米。

(4) 三角洲平原分流河道砂　在阜一段、阜三段、戴一段、戴二段、垛一段各时期均有大小不等的三角洲平原分流河道砂体，除阜一段外各时期的三角洲平原分流河道砂体都有工业油流井，在潘庄阜三段，真武、曹庄、富民的戴二段、垛一段都是重要的储集层和产油层。此类砂体砂层厚度大，物性好，产能也较高。

(5) 河流相的河床、心滩、边滩砂体　垛一段、垛二段在苏北盆地的大部分地区均为河流沉积，发育有河床、心滩、边滩等砂体，砂层厚度大，垛一段累计厚度 50～250 米，垛二段累计厚度 100～300 米，但离油源较远，必须在断裂构造的配合下才可能形成油气藏，在真武、曹庄的垛一段，永安的垛二段有工业油流。

(6) 浊积扇砂体　在高邮凹陷北部缓坡带前缘临近深凹处及深凹中的戴一段和戴二段下部地层中，砂体呈透镜状插在暗色泥岩中，既近油源，又具良好的地层岩性圈闭，因此往往可形成良好的油层，在联盟庄、永安和富民北地区已找到产于此类砂体的油藏。浊积扇包括三角洲前缘滑塌型和谷道型二种，滑塌型的岩性一般以粉砂和泥为主，渗透性较差，而谷道型的砂层较厚，粒度较粗，分选相对较好，因此后者比前者储集条件更有利。

(7) 冲积扇　阜一段在高邮凹陷南缘断阶带许庄—邵伯一带，有冲（洪）积扇上的辫状河道砂砾岩体，在许 15、许 19 等井中获工业油流。

(8) 碳酸盐相储集体　分布在盆地的西部、中部和北缘：金湖凹陷北部、西南部斜坡，

菱塘桥低凸起，公道桥低凸起，仪征小河口地区，泰州低凸起西南，海安凹陷南斜坡以及洪泽凹陷北缘，涟北凹陷北缘等滨岸带。阜二段中下部发育了虫管灰岩、介形虫灰岩、生物碎屑灰岩、鲕灰岩、藻灰岩等，在古生物残骸之间形成了一定的孔隙，可以作为油气的储集空间。特别是其中的虫管灰岩，孔隙发育，连通性较好，渗透性能较好，是较有利的储集层，在其他条件具备时可形成油气藏，刘庄油气田就是以阜二段生物碎屑灰岩、虫管灰岩等为主要产油气层。闵桥油田也获得了工业油流。石灰岩储集体单层厚度一般 1.5～3 米左右，累计厚度 10～35 米间，多为透镜状，延伸不远，相变大，油层物性变化也大，孔隙度 6～42%，渗透率 $0.1\times10^{-3}$～$91.8\times10^{-3}$ 二次方微米。

各石灰岩体的面积大小、厚度变化见表 2-5-5。

**表 2-5-5　金湖凹陷阜二段石灰岩储集层面积、厚度**

| 石灰岩体名称 | 宝应 | 刘庄 | 闵桥 | 马坝 |
|---|---|---|---|---|
| 面积（$km^2$） | 24 | 69 | 85 | 172 |
| 厚度（m） | 34.5 | 8.5～29 | 5.5～14.5 | 13～22.5 |
| 生物灰岩（m） | 10 | 2～23.5 | 3～14.5 | 11～15 |

除上述各类储集体外，在真武西南和黄珏东部还有戴二段半封闭湖湾中的滨外沙坝（堡坝）砂体，但面积较小，目前尚未发现产油井。

**二、沉积相与储油物性、油水运动的关系**

储集类型与储油物性受沉积相的控制，而油层物性和非均质性又是控制油水运动的基本因素。不同沉积类型的砂体，由于不同的沉积条件，因而砂岩的成分、颗粒粗细、分选好坏、胶结物成分与含量、物性的好差等都不相同，即使属于同一沉积环境的砂体，由于所处的微相带的不同部位，也会使孔、渗性有很大变化。现仅就部分资料举例说明沉积相与储油物性、油水运动的关系（表 2-5-6）。

**表 2-5-6　戴一段不同沉积相砂体储油物性数据表**

| 沉积相 \ 物性 \ 地区 | | 孔隙度（%） | | 渗透率（$\mu m^2$） | | 依据井数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一般值 | 平均值 | 一般值 | 平均值 | |
| 水下扇扇中 | 真　武 | 13.9～28.2 | 20.9 | $6.8\times10^{-3}$～$83.5\times10^{-3}$ | $36\times10^{-3}$ | 6 |
| 水下扇扇端 | 黄　珏 | 13.2～13.8 | 13.5 | $4\times10^{-3}$～$25.2\times10^{-3}$ | $15\times10^{-3}$ | 2 |
| 水下扇扇端 | 富　民 | 9.2～13.7 | 11.5 | $27.6\times10^{-3}$～$53.1\times10^{-3}$ | $16\times10^{-3}$ | 5 |
| 滑塌浊积扇 | 联盟庄 | 7.1～13.7 | 9.5 | $1\times10^{-3}$～$25\times10^{-3}$ | $12\times10^{-3}$ | 7 |
| 三角洲前缘 | 沙　埝 | 13.3～26.3 | 18.9 | $58\times10^{-3}$～$658\times10^{-3}$ | $200\times10^{-3}$ | 10 |

由表 2-5-6 可知，储油物性以三角洲前缘砂为最好，其次是水下扇扇中，再次是水下扇扇端，而滑塌浊积扇相对最差。水下扇和浊积扇相带较窄小，砂体纵横向变化大，因系高密度流，分选较差，物性也较差，其中又以扇中水道的物性较好（表 2-5-7）。

由表 2-5-7 可见，随搬运距离的加大，粒度中值变小，分选变好。平均渗透率以河口坝砂最高，其次是水下分流河道砂，再次是分流河道，河道侧缘，河口坝前缘；黄珏滨湖冲积扇的水下河道砂渗透率比三角洲前缘的水下分流河道砂渗透率要低。

沉积条件的变化是造成油层垂向上、平面上物性差异的主要因素，而砂层渗透率的高低与非均质性又直接控制了油水运动。如真 12 断块位于分流河道前缘、分流河道与河口坝微相带，分流河道呈北东—南西方向，注采井的排列基本呈东西向，注水井处于西部边水范围，水线自西向东推进，基本垂直于分流河道方向及顺河口坝（横坝）方向，故未出现顺河道方向水的舌进或暴性水淹情况，保持了油田的稳产。所以分析各微相的展布与沉积特征、油井所处微相的具体部位等，对分析与预测油水动态是有意义的。

### 三、有利储集层的分布

油气藏的形成是由生、储、盖、运、圈、保各种地质条件决定的。其中，沉积环境决定了生、储、盖的组合，控制了储集体的分布规律。例如阜二段和阜四段时期，是遭受海侵影响的湖相环境，沉积了很厚的暗色泥岩，是主要的生油层。阜二段发育了以碳酸盐相为主的储集体。戴南组时期地壳抬升，则在湖相背景上发育了三角洲、近岸水下扇、滨湖冲积扇、浊积扇等砂体。三垛组时期盆地回返，河流泛滥平原背景上发育了河道砂体、残留湖成三角洲砂体和滨湖冲积扇砂体。所以，储集类型受沉积环境的制约。

**表 2-5-7　垛一段第六砂层组各类砂体油层物性及非均质性平均数据表**

| 沉积微相 | 时间单元 | 孔隙度(%) | 渗透率($\mu m^2$) | 非均质系数 | 变异系数 | 碳酸盐含量(%) | 泥质含量(%) | 粒度中值MD(mm) | 分选系数($S_o$) | 依据 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 井号 | 样品数 |
| 分流河道 | A | 20.33 | $3310\times10^{-3}$ | 2.85 | 0.99 | 11.79 | 4.46 | 0.305 | 1.513 | 真 19 | 20 |
| 分流河道侧缘 | A | 19.70 | $733\times10^{-3}$ | 4.59 | 0.99 | 3.79 | 4.14 | 0.269 | 2.020 | 曹 19 | 101 |
| 水下分流河道 | $B^1$ | 27.06 | $3824\times10^{-3}$ | 2.45 | 0.78 | 6.57 | 2.06 | 0.232 | 1.399 | 真 41 | 10 |
| 河口坝 | $B^2$ | 25.76 | $5754\times10^{-3}$ | 2.84 | 0.86 | 4.87 | 1.83 | 0.273 | 1.325 | 真 41 | 6 |
| 河口坝前缘 | C | 25.27 | $661\times10^{-3}$ | 2.00 | 0.58 | 5.91 | 2.37 | 0.125 | 1.200 | 真 41 | 8 |
| 滨湖冲积扇水下河道 | C | 24.75 | $693\times10^{-3}$ | 3.02 | 1.02 | | 7.17 | 0.153 | 1.472 | 黄 17 | 10 |

有利的储集相带从大方向上应注意沉积相的相变枢纽带，也往往是油气的聚集带。解剖

高邮凹陷的相变枢纽带有:

(1) 岸线带　即陆地与湖盆的交接处，在湖盆中发育的砂体无不与岸线密切相关。近岸水下扇和滨湖冲积扇砂体沿南岸线（陡坡带）呈裙边状分布，三角洲砂体则随北岸线（缓坡带）的迁移而进退，以河流作用为主的冲积型砂体都垂直岸线分布，而以湖浪、沿岸线作用为主的堡坝、滩砂、坝砂则平行岸线。

(2) 盆底地形明显变化处　高邮凹陷相变枢纽带与构造枢纽带基本上是一致的。即岸线带的位置和盆底地形的明显变化处基本上受制于断裂构造的位置与特点。

凹陷南部是受江都—吴堡大断裂带控制的陡坡带，也是相变枢纽带，例如戴一段的沿陡坡下冲的高密度重力流，越过断裂带，顺坡堆积，形成近岸水下扇体或叠覆体，可形成上倾尖灭、地层岩性圈闭，构造—岩性圈闭。例如黄珏、真武、曹庄、周庄等已证实是重要的油气聚集、圈闭地带。凹陷北部也有一系列大断层，戴一段、戴二段、垛一段不同时期的岸线位置基本上都受断裂构造的控制，其中以八桥—沙埝—老阁断层与四异村—卸甲庄断裂发育时间较长，曾数次成为岸线之所在，这两条断裂之间的三角洲沉积厚度最大，垂向上有利储集层层次最多，八桥—沙埝—老阁断裂以北三角洲沉积发育，其南浊积扇沉积发育。这两条断裂即是相变枢纽带，这里有良好的地层岩性圈闭。

# 第六章　下第三系生油岩[●]

苏北盆地内下第三系生油岩共有 6 个层段，自下而上为泰州组、阜宁组一、二、三、四段，戴一段。以阜宁组生油岩为主，为广湖相沉积。阜宁组沉积时基本上属统一大湖盆，至今残留的阜四段很难找到边缘相沉积物，由于所沉积的暗色泥岩厚度大，范围广，有机质丰富，因而苏北盆地的生油岩有“满盆黑”之美称，具有十分丰富的生油物质基础。

现从有机质数量、质量和转化条件：即有机质丰度、类型、热演化程度等有关指标，确定生油岩有效厚度，分布面积，从而进行盆地生油量计算和资源量的测算。

## 第一节　生油层有机地球化学特征

### 一、有机质丰度及其分布

苏北盆地下第三系生油岩为灰黑色泥岩，质纯。除戴南组为砂、泥岩间互层外，阜宁组包括两个沉积旋回。阜一段，阜三段分别位于该旋回下部，岩性组合稍粗；阜二段，阜四段分别属旋回上部，岩性细，均为大套黑色泥岩。有机质含量在各层位的丰富程度不尽相同，其中有机碳含量变化范围小，一般均大于 1%，局部大于 1.5%，阜四、阜二段均在 1~1.5%，其它层位稍低，尤以阜三段和戴一段含量低。总烃含量分布在各个凹陷也显示差异性，戴一段含量在高邮凹陷约 200ppm，阜四、阜二段在各个凹陷深凹部位可大于 500ppm，局部可达 1000ppm，而阜三段总烃含量在各凹陷的深凹部位也只达 200ppm。下第三系生油岩有机质含量分布具有以下规律：

1）有较丰富的有机质（见表 2−6−1）。阜四、阜二段为主要生油层，平均有机碳 1.3%，氯仿沥青“A”1.04%，总烃 418ppm。从热解分析产油潜量($S_1+S_2$)平均值，最高是阜二段（5.8 千克／吨$_{岩石}$），次为阜四段，其它层位均较低（表 2−6−2）。本区有机质丰度与东部地区生油凹陷相比要稍低些。

2）有机质含量分布在深凹部位增大。高邮凹陷深凹带阜四、阜二段总烃大于 1000ppm。海安凹陷安 1 井的阜二段也出现大于 1000ppm 的高值，达到好生油岩的标准。推断深凹带这些丰富的有机质是油气生成的主要物质基础。

根据本区生油岩有机质丰度资料的统计，对阜宁组生油岩进行分级（图 2−6−1），由于本区有机碳含量变化不大，故不作分级指标，而以反映生油能力最直观的指标（烃含量）作为分级的主要指标，并以相应的沥青“A”含量及烃／碳等综合划分（如表 2−6−3）。

应用上述标准来衡量本区生油岩；其中高邮、溱潼凹陷阜二段丰度多属（2）级生油岩，在深凹部位可达（1）级。阜四段在深凹部位丰度多数是（2）级，至斜坡上是（3）级，阜三段则多数是（4）级。

### 二、有机质类型的纵向分布具差异性

本区根据三个方面来综合确定各层类型：即干酪根镜下鉴定、元素分析、热解分析的氢

●据江苏石油勘探局研究院，1986，江苏下第三系油气资源评价报告。

氧指数和 $S_2/S_3$（表 2–6–4）。

**表 2–6–1　苏北盆地下第三系生油岩有机质丰度**

| 凹陷 | 分析项目 | 戴一段 | 阜四段 | 阜三段 | 阜二段 | 阜一段 | 泰州组 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 高邮 | 有机碳(%) | 0.85/2.28① | 1.19 | 0.96 | 1.48 | 1.32 | 0.81 |
| | 沥青"A"(%) | 0.031/0.083① | 0.097 | 0.036 | 0.126 | 0.078 | 0.065 |
| | 总烃 ppm | 198/348① | 552 | 122 | 431 | 316 | 302 |
| 金湖 | 有机碳(%) | 0.51 | 1.39 | 0.99 | 1.23 | 1.21 | |
| | 沥青"A"(%) | 0.035 | 0.086 | 0.035 | 0.112 | 0.03 | |
| | 总烃(ppm) | 98 | 375 | 153 | 510 | 91 | |
| 溱潼 | 有机碳(%) | 0.87 | 1.1 | 0.97 | 1.55 | 1.27 | 0.98 |
| | 沥青"A"(%) | 0.057 | 0.073 | 0.047 | 0.09 | 0.079 | 0.078 |
| | 总烃(ppm) | 160 | 348 | 90 | 340 | 250 | 90 |
| 海安 | 有机碳(%) | 0.61 | 0.88 | 0.91 | 1.57 | 0.77 | 0.61 |
| | 沥青"A"(%) | 0.02 | 0.068 | 0.032 | 0.147 | 0.029 | 0.013 |
| | 总烃(ppm) | 53 | 219 | 57 | 844 | 128 | |
| 盐城 | 有机碳(%) | 1.21 | 0.88 | 0.93 | 1.89 | 0.81 | |
| | 沥青"A"(%) | 0.061 | 0.072 | 0.054 | 0.182 | 0.052 | |
| | 总烃(ppm) | 75 | 147 | 120 | 480 | 141 | |

①高导泥岩。

**表 2–6–2　生油潜量**

| 层位 | | 戴一段 | 阜四段 | 阜三段 | 阜二段 | 阜一段 | 泰州组 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_1+S_2$ (kg / t岩石) | 平均值/样品数 | 1.99/70 | 3.77/231 | 1.02/139 | 5.84/125 | 1.67/66 | 0.98/21 |

**表 2–6–3　生油岩分级表**

| 本卷划分 | | | | 陆相生油岩分级数据部分 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 分级 | 沥青"A"(%) | 烃(ppm) | 烃／碳(%) | 沥青"A"(%) | 烃(ppm) | 指标分级 |
| (1) | 0.15～0.35 | ＞1000 | ＞6 | ＞0.25 | ＞1500 | 一级 |
| (2) | 0.08～0.20 | 400～1000 | 3～6 | 0.083～0.25 | 500～1500 | 二级 |
| (3) | 0.04～0.13 | 130～400 | 1～3 | 0.025～0.083 | 150～500 | 三级 |
| (4) | 0.02～0.06 | ＜130 | ＜1 | 0.008～0.025 | 50～150 | 四级 |

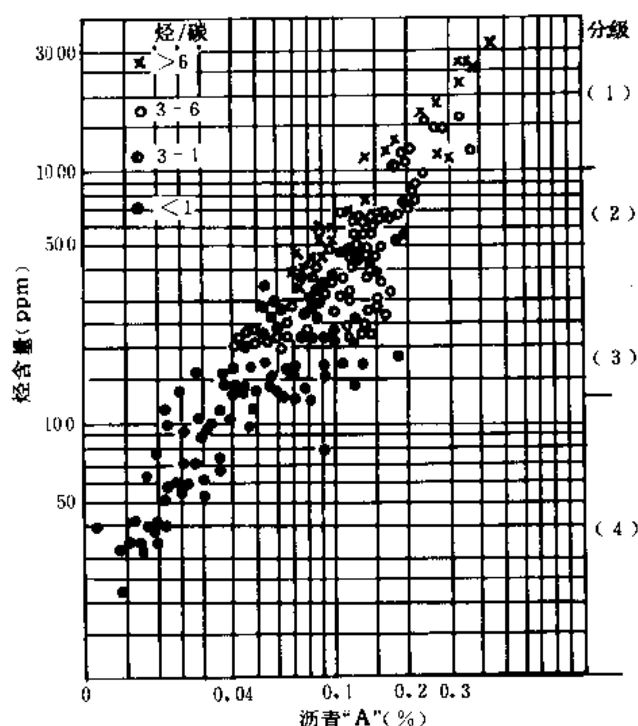



图 2-6-1　生油层等级划分

(1) 干酪根镜下鉴定　镜下鉴定是最直观的区别不同母质类型的方法，镜下所见无定形云雾状的类脂体是腐泥型物质；而腐殖型干酪根具有明显棱角，轮廓清楚，具有长条状、块状、镜质体、惰质体的高等植物等陆源物质。根据各组分含量的类型指数确定类型值。从本区干酪根镜下照片可见，阜四、阜二段以无定形云雾状多见；而阜三段则常见具棱角条状腐植物质。用镜下鉴定确定各层干酪根类型是：戴一段以腐植型为主，但高导泥岩段为$Ⅱ_1$型；阜四、阜二段以$Ⅱ_1$型为主；阜三段为腐植型；阜一段及泰州组均为$Ⅱ_2$型。在纵向上不同层位具有明显差异，但同一层在盆地的不同凹陷都具有彼此相同的有机质类型，这个特点是有别于其它盆地的。

(2) 干酪根元素　干酪根元素分析表明其主要原子组成是氢、碳和氧，利用H／C和O／C作范氏图（图2-6-2a），可以有效地区分干酪根类型。阜四、阜二段大多数样品在Ⅰ—$Ⅱ_1$型之间。阜四段H／C一般在1.2，O／C为0.06；阜二段H／C为1.1，O／C为0.08。阜三段样品分布在Ⅲ型范围；阜一段、泰州组主要分布在$Ⅱ_2$—Ⅲ型。从图2-6-2可见，阜四、阜二段样品，随着热演化程度的增加，H／C下降($Ⅱ_1$)，而Ⅲ型干酪根的O／C也下降。不同类型的干酪根，各自沿着演化途径降低。因元素分析样品少，这一规律尚不够明显。

**表 2-6-4　苏北盆地有机质类型划分标准**

| 类　型 | 镜下鉴定类型指数 | 热解色谱资料 | | 元素分析 H／C |
|---|---|---|---|---|
| | | 氢指数 (mg烃／g碳) | $S_2/S_3$ | |
| 腐泥型(Ⅰ) | 100~80 | >500 | >20 | >1.5 |
| 腐植-腐泥型($Ⅱ_1$) | 80~40 | 500~300 | 20~10 | 1.5~1.2 |
| 腐泥-腐植型($Ⅱ_2$) | 40~0 | 300~100 | 10~2.5 | 1.2~0.8 |
| 腐植型(Ⅲ) | 0~(-100) | <100 | <2.5 | <0.8 |

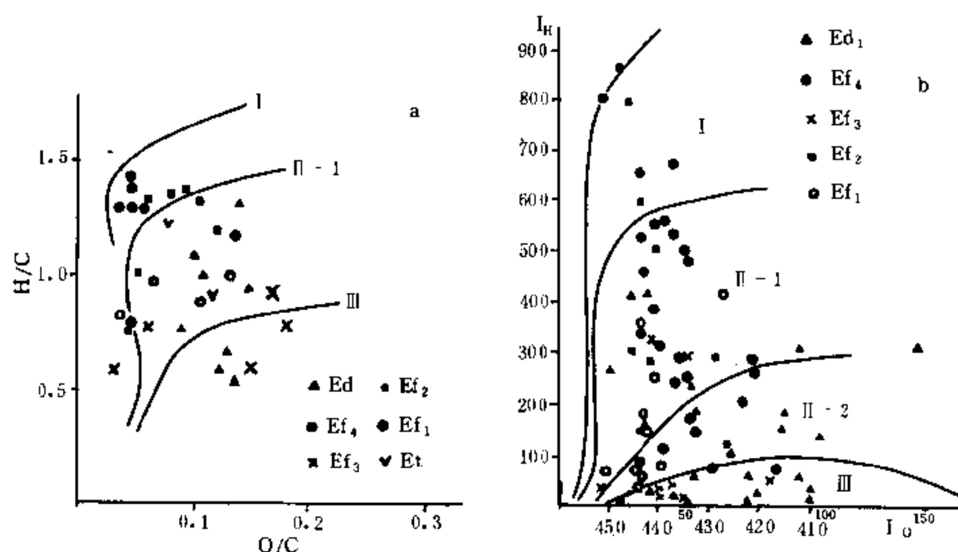



图 2-6-2 干酪根元素组成和生油岩类型图

a—干酪根元素组成图；b—生油岩类型图

(3) 有机质类型 利用热解色谱分析仪所得氢指数 ($I_H$)，氧指数($I_O$)以及类型指数 $S_2/S_3$ 来划分有机质类型，可以与其它方法共同采用。根据氢、氧指数，我们将生油岩类型划分为四类：阜四、阜二段 $I_H$ 高（多大于 300），$I_O$ 低（小于 50），多属 $Ⅱ_1$ 型；阜三段 $I_H$ 低（小于 100），$I_O$ 高（50～100），属Ⅲ型。这两者类型很易区别（图 2-6-2b）。戴一段以Ⅲ型为主，个别 $Ⅱ_1$ 型；阜一段接近 $Ⅱ_2$ 型。同样用 $S_2/S_3$ 比值来确定类型，也与以上大同小异。

(4) 甾烷、萜烷含量与有机质性质 在阜二段生油岩中有比较丰富的胡萝卜烷，反映生油岩在深水湖相沉积环境下，发育大量的蓝绿藻和褐藻，是生油母质的重要来源。而阜二、阜四段岩样中普遍存在的藿烷则主要来源于水生生物、细菌和藻类。证实阜二、阜四段的有机母质以水生生物为主。采用以上镜鉴、元素、热解等项资料划分干酪根类型，其符合程度是比较好的（表 2-6-5）。

综合上述方法，对苏北盆地下第三系不同生油层的干酪根类型归纳如表 2-6-6。阜二、阜四段沉积时有机质主要为各种浮游生物，包括藻类等水生生物所产生的有机质组成，又处在强还原环境，既有丰富的有机质含量，又有好的有机质类型，是盆地内最好的生油岩。而阜三段以陆源高等植物为主，其正构烷烃特征表明高分子量，有机质含量低，类型差。阜一段和泰州组上部生油岩，在海安凹陷有机质类型变好，可成为比较重要的生油岩。而戴一段只有高导泥岩有机质较丰富，类型好，但只局限高邮、溱潼两凹陷内。

表 2-6-5 用不同方法划分干酪根类型的情况对比表

| 层位 | 井号 | 深度 (m) | 元素 | | | 热解色谱 | | | | | 镜鉴 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | H/C | O/C | 类型 | $I_H$ | $I_O$ | 类型 | $S_2/S_3$ | 类型 | 类型 |
| 戴一段 | 曹 5 | 2969～2969.87 | 0.53 | 0.13 | Ⅲ | 4 | 22 | Ⅲ | 0.16 | Ⅲ | Ⅲ |
| | 周 22 | 2759.41～2764.4 | 1.29 | 0.14 | $Ⅱ_1$ | 265 | 20 | $Ⅱ_2$ | 13.2 | $Ⅱ_1$ | $Ⅱ_2$ |
| | 桥 1 | 2500 | 0.74 | 0.09 | Ⅲ | 27 | 130 | Ⅲ | 0.21 | Ⅲ | $Ⅱ_2$ |

续表

| 层位 | 井号 | 深　度 (m) | 元素 | | | 热解色谱 | | | | | 镜鉴类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | H/C | O/C | 类型 | $I_H$ | $I_O$ | 类型 | $S_2/S_3$ | 类型 | |
| 阜四段 | 竹 1 | 2743.27～2751.02 | 1.24 | 0.06 | Ⅱ$_1$ | 384 | 38 | Ⅱ$_1$ | 9.95 | Ⅱ$_1$ | Ⅰ |
| | 沙 2 | 2461.45～2461.79 | 1.41 | 0.05 | Ⅱ$_1$ | 550 | 38 | Ⅰ | 14.4 | Ⅱ$_1$ | Ⅱ$_1$ |
| | | 2557.88～2559.96 | 0.81 | 0.04 | Ⅱ$_2$ | 80 | 61 | Ⅲ | 1.3 | Ⅲ | Ⅱ$_2$ |
| | 苏 136 | 3143.69～3146.17 | 1.26 | 0.04 | Ⅱ$_1$ | 525 | 32 | Ⅰ | 16.5 | Ⅱ$_1$ | Ⅱ$_1$ |
| | 马 4 | 2135.34～2139.15 | 1.15 | 0.139 | Ⅱ$_2$ | 148 | 14 | Ⅱ$_2$ | 10.1 | Ⅱ$_1$ | Ⅱ$_1$ |
| | 桥 1 | 2600 | 1.26 | 0.05 | Ⅱ$_1$ | 398 | 21 | Ⅱ$_1$ | 19.1 | Ⅱ$_1$ | Ⅱ$_1$ |
| | | 2700 | 1.34 | 0.05 | Ⅱ$_1$ | 448 | 46 | Ⅱ$_1$ | 9.7 | Ⅱ$_1$ | Ⅱ$_1$ |
| 阜三段 | 苏 136 | 3531.04～3532.11 | 0.61 | 0.03 | Ⅲ | 34 | 35 | Ⅲ | 0.97 | Ⅲ | Ⅲ |
| | 马 1 | 1579.71～1581.4 | 0.59 | 0.15 | Ⅲ | 63 | 79 | Ⅲ | 0.80 | Ⅲ | Ⅱ |
| | 桥 1 | 2850 | 1.0 | 0.06 | Ⅱ$_2$ | 275 | 48 | Ⅱ$_2$ | 5.8 | Ⅱ$_2$ | Ⅱ$_2$ |
| | | 2950 | 0.78 | 0.06 | Ⅲ | 92 | 37 | Ⅲ | 2.5 | Ⅲ | Ⅲ |
| | 白 2 | 2550.48～2553.48 | 0.77 | 0.18 | Ⅲ | 29 | 63 | Ⅲ | 0.47 | Ⅲ | Ⅲ |
| | | 2612.41～2615.41 | 0.92 | 0.17 | Ⅱ$_2$ | 21 | 53 | Ⅲ | 0.39 | Ⅲ | Ⅱ$_2$ |
| 阜二段 | 黄 11 | 3176.06～3178.95 | 0.78 | 0.06 | Ⅱ$_2$ | 304 | 28 | Ⅱ$_1$ | 11 | Ⅱ$_1$ | Ⅱ$_1$ |
| | 马 1 | 1786.35～1789.22 | 1.30 | 0.06 | Ⅱ$_1$ | 298 | 62 | Ⅱ$_1$ | 4.7 | Ⅱ$_2$ | Ⅱ$_1$ |
| | 苏 70 | 2247～2251.57 | 0.99 | 0.05 | Ⅱ$_2$ | 207 | 18 | Ⅱ$_2$ | 11.1 | Ⅱ$_1$ | Ⅱ$_1$ |
| | 雷 1 | 3027.97 | 0.87 | 0.108 | Ⅱ$_2$ | 135 | 94 | Ⅱ$_2$ | 1.4 | Ⅲ | Ⅱ$_1$ |
| | 安 1 | 2692.03～2701.63 | 1.33 | 0.103 | Ⅱ$_1$ | 1012 | 22 | Ⅰ | 45.6 | Ⅰ | Ⅱ$_1$ |
| | 白 2 | 2679.79～2680.41 | 1.18 | 0.12 | Ⅱ$_1$ | 355 | 44 | Ⅱ$_1$ | 8.1 | Ⅱ$_1$ | |
| | | 2795.65～2798.65 | 1.31 | 0.08 | Ⅱ$_1$ | 294 | 54 | Ⅱ$_1$ | 5.4 | Ⅱ$_2$ | |
| 阜一段 | 桥 1 | 3000 | 0.96 | 0.07 | Ⅱ$_2$ | 210 | 35 | Ⅱ$_2$ | 6 | Ⅱ$_2$ | Ⅱ$_2$ |
| | 凌 1 | 2879.21 | 0.97 | 0.137 | Ⅱ$_2$ | 205 | 14 | Ⅱ$_2$ | 2.1 | Ⅲ | Ⅱ$_2$ |
| 泰州组 | 凌 1 | 3092.7 | 0.88 | 0.111 | Ⅱ$_2$ | 38 | 83 | Ⅲ | 0.4 | Ⅲ | Ⅱ$_2$ |
| | 沈 1 | 2181 | 1.21 | 0.08 | Ⅱ$_1$ | | | | | | Ⅱ$_1$ |

表 2-6-6　各层干酪根类型

| 层　位 | 沉　积　相 | 干酪根类型 | 产油潜量($kg_{烃}/t_{岩石}$) |
|---|---|---|---|
| 戴一段 | 浅湖—三角洲前缘 | 以Ⅲ型为主，高导泥岩为$Ⅱ_2$型 | 0.18～2.5 |
| 阜四段 | 浅湖—半深湖相 | 以$Ⅱ_1$型为主、有一部分为Ⅰ型 | 2.8～12.3 |
| 阜三段 | 浅湖—三角洲前缘 | Ⅲ型 | 0.14～0.7 |
| 阜二段 | 浅湖—半深湖相 | $Ⅱ_1$型、Ⅰ型 | 4.6～9.4 |
| 阜一段 | 河流相 | Ⅲ型为主 | 0.95～2.38 |
| 泰州组 | 河流—湖相 | $Ⅱ_2$型为主 | |

## 第二节　有机质热演化

据 B.P.蒂索的"干酪根热降解成油机理"，石油是由沉积物中不溶有机质（干酪根）在热作用下降解生成的。有机质演化成油的过程，是从有机质被埋藏后的生物降解作用—早期成岩作用，到中期深成作用—干酪根热降解成油，最后油气生成后变质，裂解为甲烷气阶段。

### 一、地温梯度

在地质历史过程中，生油岩内的有机质进行热演化的必要条件是地温。地温的变化与基底的埋深、大断裂的分布及主要构造线方向有关，因此盆地内不同构造带的地温史是有差别的。

地温梯度的纵向变化基本上是不同构造层的反映（图 2-6-3），阜宁组以泥质岩为主，地温梯度相对较高。其上覆构造层则以粗碎屑岩为主，地温梯度较低，两者差别较大。表 2-6-7 为从高邮、金湖、海安凹陷所测得的井温资料，从表中可知，阜宁组上覆层地温梯度在 2.5～3.0℃／百米，而进入阜宁组地温梯度是 3.86～4.25℃／百米。其中金湖、海安凹陷阜宁组的地温梯度高于高邮凹陷。

此外，由于火山活动的局部升温，可促使有机质成熟。如高邮凹陷北坡生油岩埋藏浅，但有辉绿岩的侵入（图 2-6-4），据苏 68 井 2367 米岩芯分析镜质体反射率达到 1.85%。由此推断，高邮凹陷北坡"局部升温"是存在的，从而促使有机质的早成熟，这正是北坡阜宁组埋深不到 2500 米但仍有相当一部分样品的分析数据接近或达到成熟生油岩标准的原因。在金湖凹陷根据唐 2 井、天深 3 井的井温资料，阜宁组地温高于高邮凹陷，也与火山活动较强烈有关。沿石港断裂带有一条火山活动带，形成多套玄武岩和火山碎屑岩，而使地温梯度增高。热解资料也证实，苏 70 井井深 1965 米（$Ef^3$）和苏 139 井 2149 米（$Ef^2$）最高热解峰温达 442℃，这是明显的受火山活动影响而造成的局部升温。

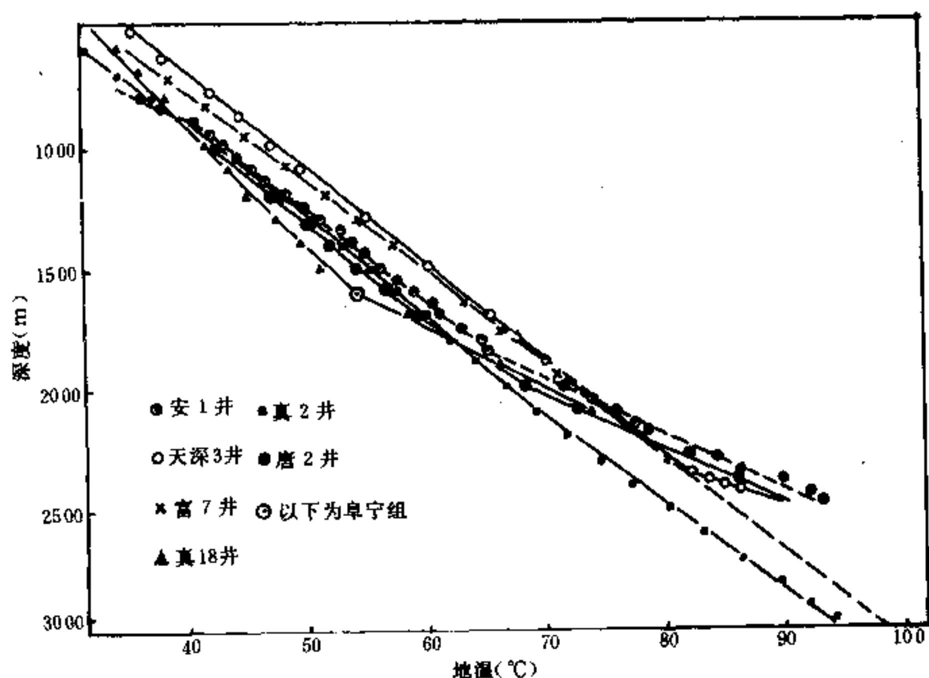



图 2-6-3　地温梯度曲线

表 2-6-7　地温梯度表

| 凹陷 | 井号 \ 地温梯度（℃/100m） | 阜宁组的上覆层 | 阜　宁　组 |
|---|---|---|---|
| 高邮 | 真 18 井 | (50～1550m)　1.83 | (1550～2100m)　3.86 |
| | 真 2 井 | (50～3000m)　2.5 | |
| | 富 7 井 | (50～3000m)　2.65 | |
| 金湖 | 天深 3 井 | (650～1850m)　2.78 | (1850～2450m)　4.4 |
| | 唐 2 井 | (50～1700m)　2.2 | (1700～2500m)　4.1 |
| 海安 | 安 1 井 | (1000～2315m)<br>(1699～2315m)　3.0 | [2315～2385m / 2198～2450mE]　4.05 |
| | 安 3 井 | (1811～2198m)　3.15 | |

## 二、热演化指标

(1) 烃转化率——烃／有机碳　有机质埋藏达一定深度后，有机质向烃的转化才大量增加。烃／有机碳可作为主要转化指标。有国外学者提出，当生油岩的烃／有机碳达到 3～12%时，烃类才能克服岩体中残留有机质对它的吸附作用变成自由烃而发生石油的运移。本区高邮凹陷阜四段在 1500 米以下烃／有机碳大于 3%，而 2000～2500 米时则在 1～3%。金湖凹陷阜四段 2000 米烃／有机碳大于 2%。海安凹陷阜二段 2500 米烃／有机碳大于 3%。

（2）正构烷烃 OEP 值　在未成熟生油岩的正构烷烃气相色谱图中，往往是奇偶优势明显，主峰碳在高碳数出现，OEP 值远大于 1.2。随着成熟度的增加，正烷烃的重烃部分减少，轻烃成分增加，碳数范围缩小，主峰碳向低碳数变化，奇偶优势逐渐消失。高邮凹陷阜四段埋深在 2500 米以下 OEP 为 1.2～1.0，主峰碳为 $C_{23}$、$C_{22}$；金湖凹陷阜四段埋深在 2000 米，海安凹陷阜二段埋深在 2500 米 OEP 值均接近 1。正构烷烃可受有机质类型影响，但在同一母质类型中用 OEP 资料划分成熟度是可行的。

（3）镜质体反射率（图 2-6-5）　一般认为陆相生油岩以混合型干酪根为主，其镜质

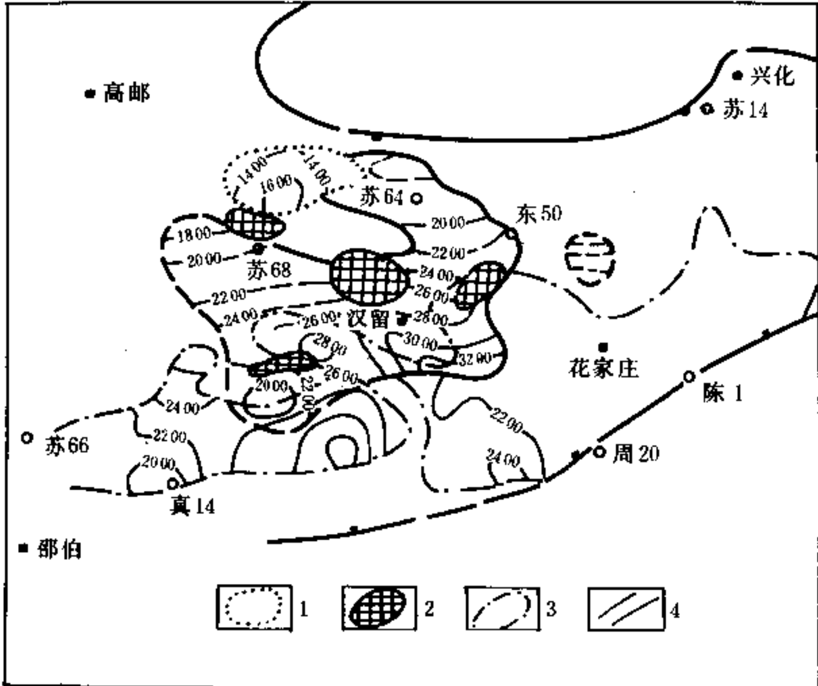



图 2-6-4　高邮凹陷火成岩分布示意图

1—玄武岩底部；2—$E_f$—$E_s$ 辉绿岩侵入体；3—$E_s^1$ 玄武岩；4—火成岩埋深线(m)

体反射率为 0.5%就进入成熟界线。在鉴定干酪根类型时，对于人工富集的干酪根，由于破坏了岩石结构，很难判断其原生型和再沉积型，往往后者影响甚至占优势，造成各家分析数据差别大。我们采用贵阳地球化学研究所的从岩石光面中寻找原生镜煤资料作为依据。

（4）孢粉颜色　根据孢子花粉在碳化过程中，颜色由黄—棕—黑的渐变特点，来反映孢粉所在生油岩的成熟程度，北京石油勘探开发科学研究院鉴定并提出的划分标准如表 2-6-8。

（5）顺磁共振（图 2-6-6）　电子顺磁共振可用来测量煤的自由基浓度，它随煤的变质程度的增加而呈有规律的变化。沉积岩分散有机质中广泛存在自由基，自由基含量的相对

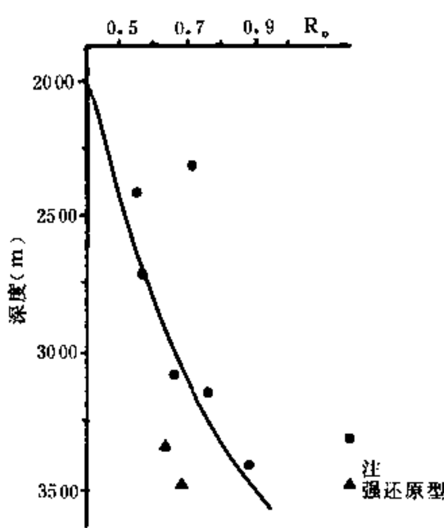



图 2-6-5　高邮凹陷阜四段镜质体反射率变化图

变化可作为有机质变质程度的指标。不同类型干酪根的自由基浓度变化范围不同（表2-6-9）。据贵阳地球化学研究所分析，苏136井3374米阜四段样品自由基浓度为2.52（$\times 10^{19}$N／克），已达大量生油阶段，其以下阜三段的自由基浓度值最高达4.32，均属此阶段。

**表2-6-8　孢粉颜色与成熟阶段关系**

| 阶　段 | 孢粉颜色 | 热变指数 | |
|---|---|---|---|
| 不成熟 | 浅黄—黄 | <2.5 | 高邮凹陷儿口井资料<br>热变指数为2.5～3.0 |
| 成　熟 | 黄—棕黄 | 2.5～3.0 | |
| 高成熟 | 棕黄—褐 | >3.7 | |

**表2-6-9　自由基浓度分类**

| 类　型 | Ⅰ　型 | Ⅱ　型 | Ⅲ　型 |
|---|---|---|---|
| 自旋浓度($\times 10^{19}$N／g) | 0.1～2 | 0.2～3 | 1～5 |

(6) 粘土矿物组合　在成岩作用的不同阶段，粘土矿物的组合会随着温度增高而转化。在成岩作用早期以普遍存在蒙脱石为特征，成岩作用中期以存在伊利石+蒙脱石混合层为标志，成岩作用晚期则以绿泥石出现为标志。

据北京石油勘探开发科学研究院对马3、马4井的粘土矿物进行了X衍射资料分析，其中马4井阜四段，井深2200米前缘蒙脱石含量大于伊利石，到2130米出现蒙脱石+伊利石／蒙脱石混合层，为有机质开始向石油转化，结合其它资料推测成熟深度在2500米左右。

(7) 轻烃($C_2$～$C_7$)　$C_2$～$C_7$轻烃不见于现代沉积，因为轻烃只能由一定的有机质，经过成岩作用和深成作用演化而来。轻烃的热演化可以分芳香烃阶段、环烷烃阶段、烷烃阶段和破裂阶段。高邮凹陷苏136井（表2-6-10），从2700米作轻烃分析已经开始表现出成熟阶段——烷烃阶段，烷烃含量占总含量56%，而环烷烃阶段不突出。井深3350米以下为高

**表2-6-10　苏136井轻烃分析数据**

| 深度　(m) | $nC_5+nC_6+nC_7$ | $C_yC_5+MC_yC_6+DMC_yC_5$ | $C_6H_6$ |
|---|---|---|---|
| 2700 | 56.01 | 16.92 | 27.07 |
| 3100 | 58.83 | 44.41 | 1.74 |
| 3200 | 52.19 | 46.70 | 1.09 |
| 3400 | 68.02 | 18.75 | 13.22 |
| 3500 | 74.69 | 19.27 | 6.02 |
| 3700 | 75.86 | 16.09 | 8.04 |
| 3900 | 71.74 | 24.28 | 3.97 |
| 4000 | 47.29 | 17.56 | 35.13 |
| 4100 | 70.53 | 26.69 | 2.76 |

烷烃化阶段，烷烃含量继续增加，高达70%以上，属高成熟度。轻烃与以上几种方法可互相配合来划分有机质成熟阶段。

(8) TTI值计算成熟深度　时间和温度两个因素在石油生成中具有重要作用，高温短时间和低温长时间，可以产生同样的成熟效果。洛泊金提出时间温度指数TTI值，他假设成熟度随时间呈线性关系，随温度呈指数关系，应用该法来计算高邮凹陷和海安凹陷的成熟度，如海安曲塘次凹应用地震剖面计算（图2–6–7）结果表明，TTI值为15作为成熟门限时，与用其它资料所确定的阜二段门限深度2500米正好相吻合。TTI曲线进入生油高峰期在3250米，温度为114℃。因此，用此法计算成熟度有一定参考价值。

(9) 芳香烃红外光谱　应用芳香烃红外光谱中，芳香烃结构指数（ASI）和代表芳香烃结构的取代和缩合的取缩比比值，可区别主要生油岩和非生油岩，以及和原油进行对比具有一定可比性（图2–6–8）。以ASI为纵座标，取缩比为横座标，按照生油岩划分标准（表2–6–11），阜四、阜二段生油岩位于图的右上方Ⅰ区，而阜三段岩样位于图左下方Ⅱ区，属“差”到非生油岩。原油的芳香烃缩合程度远大于取代程度，取缩比大于1，高邮凹陷的原油取缩比在1.08～2.17，而主要生油岩却位于原油分布区，且范围更广。

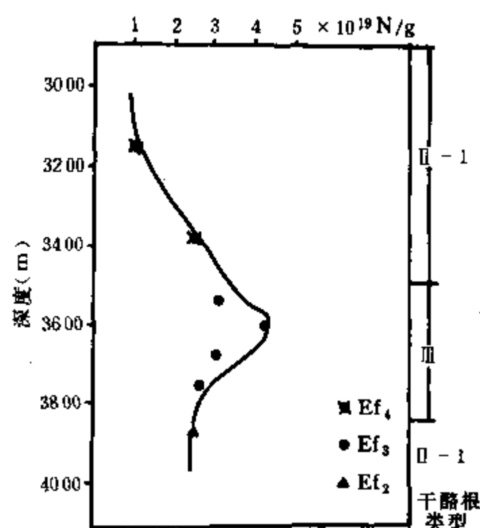



图2–6–6　苏136井干酪根自由基浓度变化图

另外，从原油和生油岩红外光谱图的吸收峰型进行对照，两者具有十分相似之处，在740cm$^{-1}$、810cm$^{-1}$、860cm$^{-1}$均有吸收峰，说明虽经长距离运移，原油仍保持了生油岩原来的吸收峰。

### 三、成熟阶段的划分

苏北盆地热演化阶段可分为未成熟、低成熟和成熟阶段。

(1) 未成熟阶段　由于有机质埋藏较浅，经受地温较低，干酪根基本不降解成油。高邮、金湖凹陷井深一般小于2000米；海安凹陷则小于2500米，均为未成熟阶段。

(2) 低成熟阶段　高邮凹陷这个阶段表现比较明显，从2000～2500米开始生烃，饱和烃含量明显增加达20～40%，非烃为50～70%，粘土矿物分析表明，在2200米以前蒙脱石含量略大于伊利石，而后出现混合层。在此阶段，正烷烃色谱图奇偶优势尚存在，OEP值在1.2左右；热解色谱图中$T_{max}$值低于或接近于435℃；烃转化率为2%左右；温度约72～88℃。这个阶段由于温度较低，烃转化率和OEP值、$R_o$值尚未达到干酪根热降解成油标准，但仍有可能生油和排出一部分烃类。目前高邮凹陷北坡所见少量油流和多处油气显示可能属低成熟阶段生油。

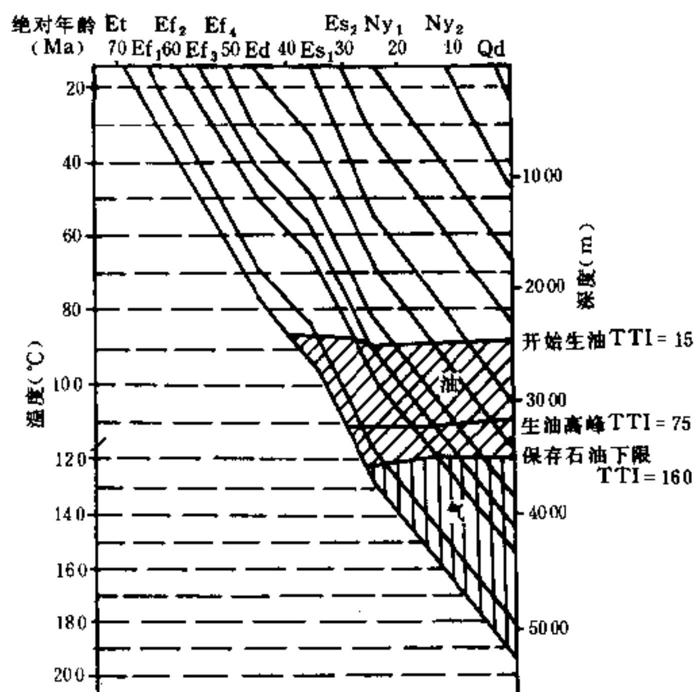



图 2-6-7 曲塘凹陷 TTI 曲线

(3)成熟阶段 随着埋深的增加，地温增高，干酪根逐渐趋于成熟而大量降解成烃。高邮凹陷(图 2-6-9)在 2500 米以下深度，总烃含量大于 400ppm、饱和烃大于 40%、非烃+沥青质在 45%左右、烃转化率大于 3%、一般在 4～5%，正构烷烃奇偶优势消失，OEP 值在 1.15～1.0，主峰碳为 $C_{23}$，$R_o>0.5$、热解峰温 437℃左右、孢粉颜色深黄—桔黄、热变指数 2.5～3.0、轻烃表现为环烷烃—烷烃阶段。综合以上资料，门限值定为 2500 米深度，相应地层温度 88℃。金湖凹陷阜四段现埋深较浅，热演化曲线(图 2-6-10)随深度增加而平缓变化，在 2000 米时沥青"A"0.085%，总烃 300ppm、烃碳比 2%、饱和烃 25%、热解峰温在 435℃左右、OEP 值 1.1～1.3，演化曲线无明显突变处。但 2300 米以后地球化学指标较上增大，成熟度高些，因此是否存在类似高邮凹陷的低成熟阶段，值得注意。海安凹陷阜二段有较系统的取芯资料，所作阜二段热演化曲线图（图 2-6-11）在 2500 米以下显示成熟阶段，沥青"A" 0.15%、总烃 480ppm、烃/碳 4.2%、OEP1.0、饱和烃 34%、热解峰温大于 435℃，门限温度 89℃。其上部阜四段生油岩虽受剥蚀严重,但各个次凹的深部位，均具有一定的有机质丰度和烃转化能力。盐阜坳陷以盐城凹陷埋藏最深，深凹的苏 89 井阜四段在 2454～2552 米有机质丰度低、OEP 值 1.34、热解峰温在 2650 米达到 435℃，故凹陷内主要为未成熟生油岩。阜二段埋深在 3000 米时热解峰温 440℃、OEP 值 0.78、烃/碳 4.3%，已在成熟范围。苏 84、苏 104 井 2100～2300 米井段，总烃达 500ppm，但 OEP 值 1.43 为未成熟生油岩。据阜四段热解峰温值，将门限值定于 2700 米左右为宜。盐阜坳陷内的其它凹陷，由于埋深一般小于 2700 米，因此推断它们虽然有生油岩的物质基础，但没有成熟为有效生

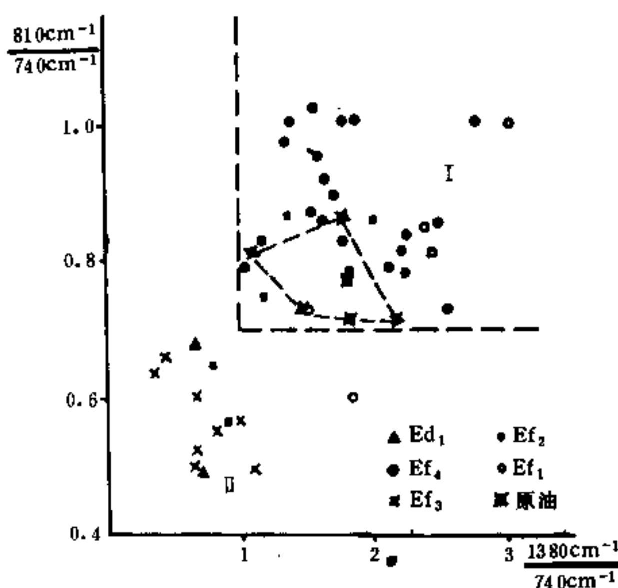



图 2-6-8 芳香烃结构指数与取缩比关系

油岩。溱潼凹陷的地质条件与高邮凹陷类似，由此类比溱潼凹陷的门限值也定在 2500 米。

表 2–6–11 芳香烃红外光谱划分生油岩标准

| | 原　油 | 好生油岩 | 差—非生油岩 |
|---|---|---|---|
| 芳香烃结构指数 | 0.7～0.9 | 0.7～1.0 | 0.5～0.7 |
| 取　缩　比 | 1～2.0 | 1～2.5 | 0.5～1 |

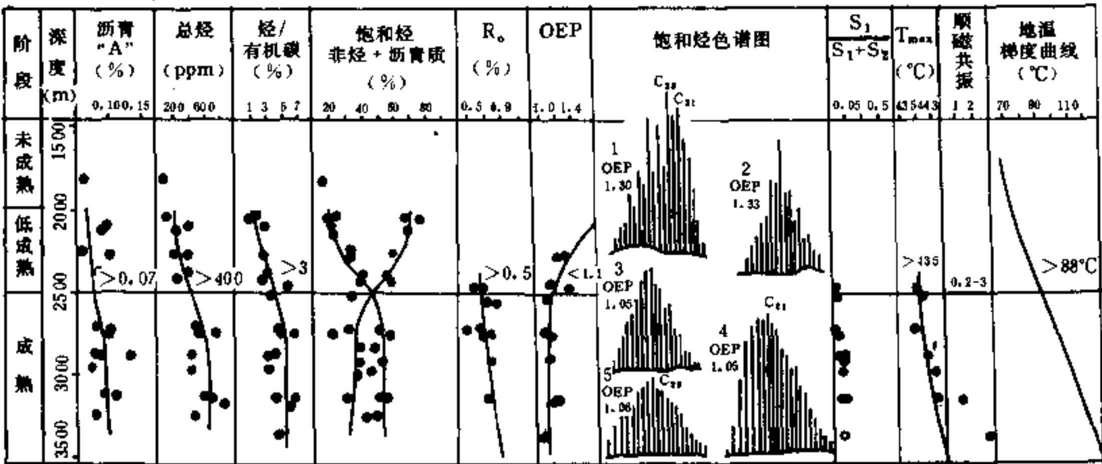



图 2–6–9 东台坳陷高邮凹陷阜四段生油岩热演化曲线

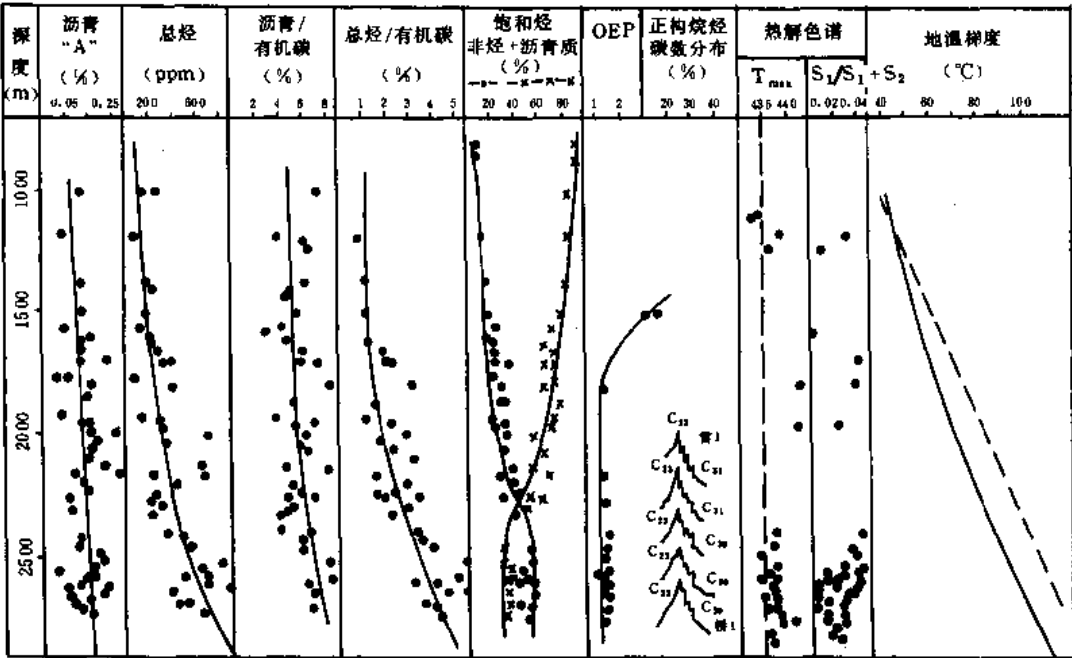



图 2–6–10 金湖凹陷阜四段生油岩热演化曲线

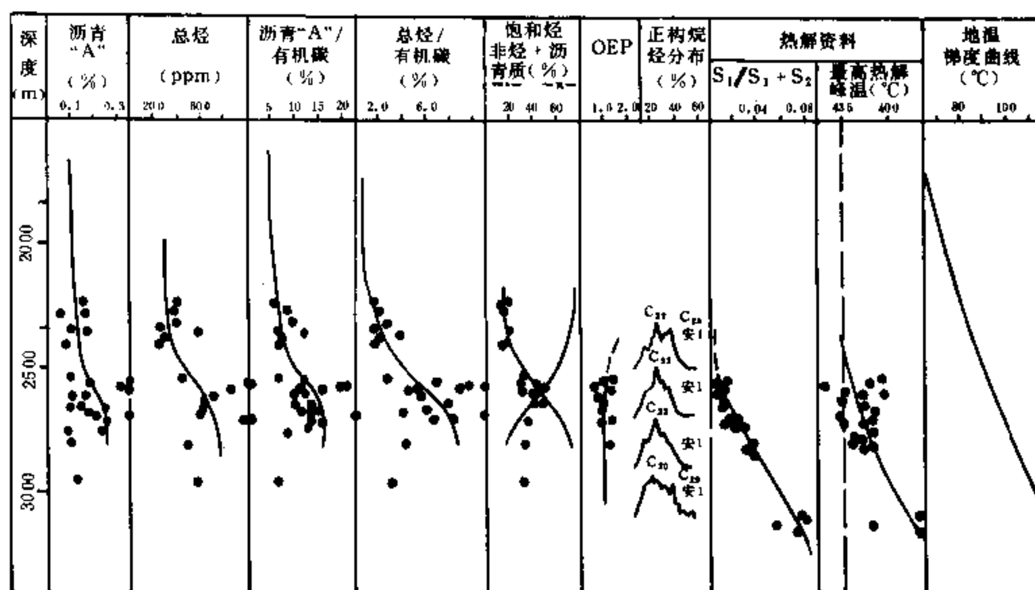



图 2-6-11 海安凹陷阜二段生油岩热演化曲线

(4) 生油高峰及高成熟阶段 苏北盆地生油高峰和高成熟阶段的研究，根据现有资料只局限于高邮凹陷内。深凹部位的阜四段，埋深在 3000 米以下的生油岩样品分析表明，逐渐进入大量生油阶段。如苏 136 井顺磁共振从 3143 米到 3374 米($Ef^4$)自由基浓度由 $1.03\times10^{19}$N／克增到 $2.52\times10^{19}$N／克,$R_o$0.88%,相应温度 100～125℃，至 3500 米进入($Ef^3$)Ⅲ型干酪根。从顺磁共振、镜质体反射率都说明处于大量生油期，到井深 3873.51 米($Ef^2$)时，$T_{max}$ 为 465℃，$S_2$ 为 0.62，$I_H$ 为 67，氯仿沥青"A"为 0.2251%，总烃为 1791ppm，OEP 值 1.0，主峰碳 $C_{20}$，从正烷烃色谱图上可看出样品已达到相当成熟了。根据镜质体反射率推测，深度在 4300 米以下，$R_o$ 大于 1.3%为油相底界，温度可达 150℃。

与东部地区的几个下第三系油田相比，苏北盆地的门限温度稍低（表 2-6-12）。我们认为这是因为阜宁组生油岩的沉积时间比济阳坳陷沙河街组要早；沙河街组相当于戴南组沉积时期，时间因素起着一定的作用。

**表 2-6-12 我国东部地区生油门限值**

| 地 区 | 金 湖 | 高 邮 | 海 安 | 辽 河 | 黄 骅 | 东 营 | 京 津 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 门限深度(m) | 2000 | 2500 | 2500 | 1700 | 2400 | 2200 | 2750 |
| 门限温度(℃) | 85 | 88 | 89 | 92 | 97.5 | 93 | 95 |

## 四、成油期推断

苏北盆地各凹陷的门限深度和门限温度虽较接近，但其成油期的早晚却因各生油次凹最大埋深和上覆盖层条件而有差异（图 2-6-12）。高邮凹陷的邵伯和樊川两个次凹，成油期

最早，阜二段生油岩在戴一段末已开始成油；龙岗次凹稍晚，从戴二段早期开始；往东溱潼凹陷在垛二段末；海安凹陷在盐一段才开始生油；最晚是盐城凹陷，在盐二段中期才开始进入成油期。而阜四段生油岩生油期最早也属高邮凹陷；次为金湖凹陷，在三垛组时均进入生油期；溱潼凹陷在盐一段末；海安凹陷则在盐二段中一末期；而盐城凹陷成油期则要更晚些。

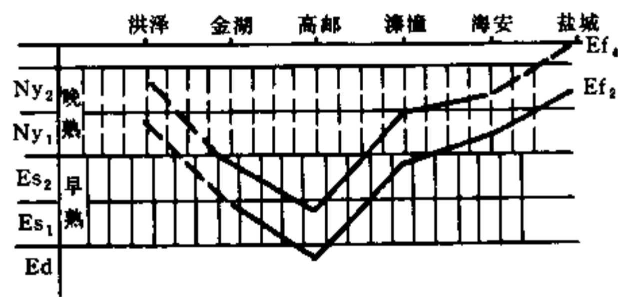



图 2-6-12 各凹陷主要生油层成熟时间推断示意图

## 第三节 对生油岩的认识及生油量计算

苏北盆地的下第三系生油岩中，阜四、阜二段具有有机质含量丰富，干酪根类型好（以 $II_1$ 型为主），产油潜量高等优越条件，是本区最好的生油层，为已见油流的主要油源岩。其它各层与之相比均较逊色，戴一段暗色泥岩一般属Ⅲ型干酪根，有机质丰度低，属非生油岩，但分布在高邮、溱潼凹陷的高导泥岩段，却具有高的有机质含量和好的干酪根类型，据高邮凹陷样品统计（表 2-6-13），高导泥岩段在门限以下可作为有效生油岩。阜三段生油岩在整个盆地内，干酪根类型基本属Ⅲ型，有机质丰度也低，除在金湖凹陷有机质丰度稍高外，在其它凹陷均作为非生油岩而不计算生油量。阜一段暗色泥岩由西向东变好，在金湖凹陷为非生油岩，至海安凹陷有机质类型变好，可与下部泰州组上部成为较主要的生油岩。

**表 2-6-13 高导泥岩与非高导泥岩的地球化学指标**

| 岩性 \ 地球化学指标 | C(%)／样品数 | 沥青"A"(%)／样品数 | 总烃(ppm)／样品数 | 烃／碳(%) |
|---|---|---|---|---|
| 非高导泥岩 | 0.67／30 | 0.0168／30 | 89.6／13 | 1.3／1.9 |
| 高导泥岩 | 一般 1.6 个别 3 以上 | 0.0826／11 | 348／10 | 2.7～3.5 |

对于苏北盆地的生油量，主要按石油天然气总公司资源评价要求的统一方法即氯仿沥青"A"法进行计算的。并应用干酪根热解模拟法来计算高邮凹陷生油量。

### 一、沥青"A"法

用沥青"A"法计算生油岩中残余生油量的理论依据是：认为生油岩中残余氯仿沥青"A"值近似代表残留油量。

(1) 求残余生油量

$$Q_{残}=S\cdot H\cdot D\cdot A$$

式中 $S$——有效生油岩面积；

*H*——有效生油岩厚度；

*D*——生油岩相对密度；

*A*——氯仿沥青"A"百分含量。

参数取得：

生油岩面积：作各层顶面埋深图，按确定的各凹陷各层系的生油门限深度圈定面积。

生油岩体积：指成熟生油岩的有效体积，利用生油岩面积分布图与生油层暗色泥岩等厚图迭加，取等厚线中值作为平均厚度来求取体积。

沥青"A"含量取值：在成熟生油区内，先采用井点平均，再作全凹陷各井的算术平均。

(2) 排出系数和聚集系数的确定

总生油量＝残余生油量+排出量

排出量＝残余生油量×排出系数

聚集量＝排出量×聚集系数

排出系数和聚集系数，在无确切的类比地区和无可靠的实验手段时，仍沿用 1979 年底石油工业部对东部地区确定的标准（表 2–6–14）结合凹陷情况选用。

**表 2–6–14 排聚系数标准**

| 系　数 | 一类凹陷 | 二类凹陷 | 三类凹陷 |
| --- | --- | --- | --- |
| 排烃系数(%) | 20～30 | 15～20 | 5～15 |
| 聚集系数(%) | 30～50 | 15～30 | <15 |

1) 排聚系数的选值，我们应用本地区勘探程度较高的几个油田的储量密度来推测最大地质储量。高邮凹陷是苏北盆地勘探程度最高的一个凹陷，而真武、曹庄油田又是储量最多、产量最高的地区。其油源为樊川和邵伯两个生油次凹供给，计算出该块最富集地区每立方公里的储量，即该块泄油半径的面积乘以生油岩厚度的单位体积储量，再推算到整个高邮凹陷生油岩的储量，即为可能的最大地质储量（图 2–6–13）。

2) 热解图版法求初次运移量　用原始生油潜量和残留生油潜量之差，求初次运移量和运移系数。根据北京石油勘探开发科学研究院人工热模拟和图版法，对不同热演化阶段的生油岩，进行原始状态的恢复和原始生油潜量估算，同时测算出残留生油潜量。

原始产烃量＝已生烃+残留热解烃

$$Q_{已} = S_2 XK$$

$$Q_{初运} = Q_{原潜} - Q_{残潜}$$

$$S_2 + Q_{已} = 原始潜量$$

$$S_1 + S_2 = 残留潜量$$

通过不同类型系数换算后，绘制原始产烃潜量和类型关系系数，残留潜量与类型关系系数图。用回归法或中位值法求得各类生油岩的原始生油潜量和残留生油潜量代表值（图 2–6–14）。

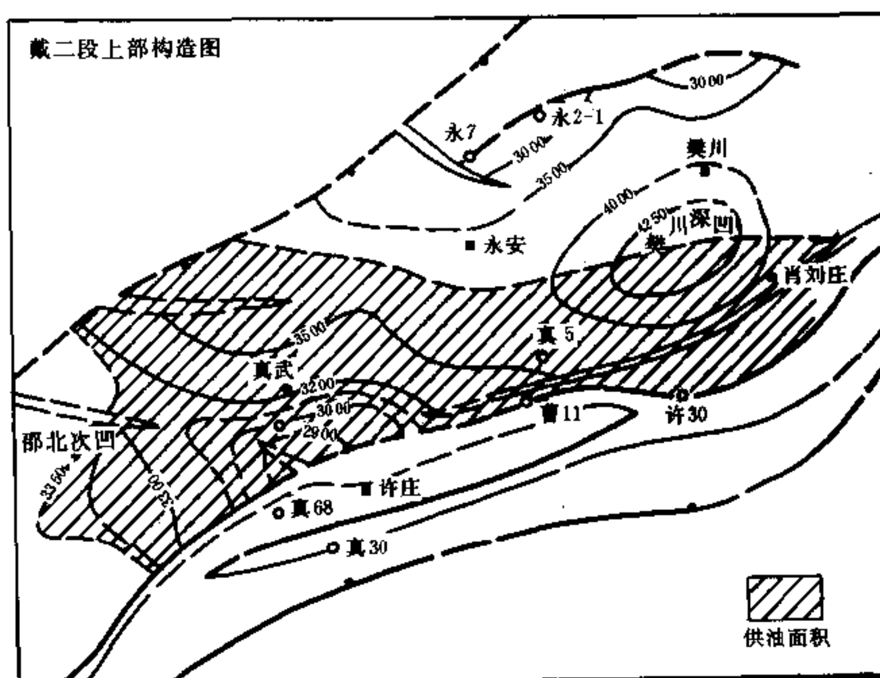



图 2-6-13　高邮凹陷向真武、曹庄油田供油示意图

根据热解资料，计算了高邮凹陷阜四段Ⅱ₁型干酪根的原始生油潜量为 5.92 千克／吨，残余生油潜量 4.01 千克／吨，运移量 1.91 千克／吨，运移系数为 32%。

而阜三段Ⅲ型干酪根，原始生油潜量为 0.354 千克／吨，残余生油潜量 0.225 千克／吨，能运移出来的只有 0.129 千克／吨，因此认为Ⅲ型干酪根运移量少，聚集量就更少了，几乎是不能生油的。

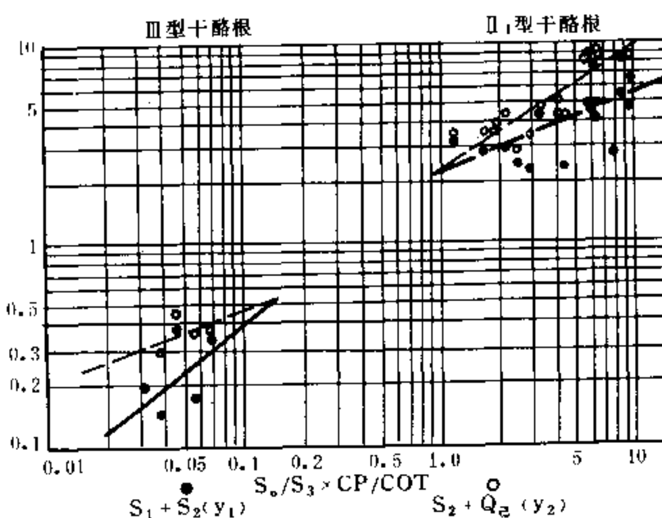



图 2-6-14　油气初次运移量

根据以上计算，高邮凹陷储量密度值 6.9%及热解法计算的阜四段运移量 32%，可选择排聚系数 5～10%，本卷以储量密度值为依据，选用 6%（即排出系数 20%，聚集系数 30%）。其它凹陷在有机质特征、油气生成时间和生储盖配置方面都不及高邮凹陷，可选择排聚系数为 3～5%。金湖、海安和溱潼凹陷选用 5%；而盐城凹陷选用 4.5%；白驹凹陷选用 4%。计算结果见表 2-6-15，表 2-6-16。

## 二、热解法

热解法是应用干酪根热演化理论进行生油量计算的一种新方法。

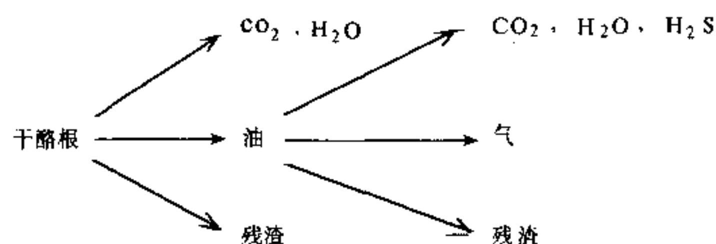
**表 2-6-15　苏北盆地生油凹陷生油条件分析表**

| 坳陷 | 凹陷 | 下第三系沉积岩 | | 有效生油岩 | | | 有机质丰度 | | | 残余生油量($10^8$t) | 总生油量($10^8$t) | 每平方公里生油岩的生油量($10^4$t) | 分凹陷百分比(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 面积(km²) | 最大厚度(m) | 面积(km²) | 厚度(m) | 体积(km³) | 有机碳(ppm) | 沥青“A”(ppm) | 总烃(ppm) | | | | |
| 东台 | 金湖 | 5000 | 5500 | 1538 | 372.6 | 573.1 | 12100 | 923 | 347 | 13.01 | 15.61 | 101.5 | 20 |
| | 高邮 | 2670 | 7000 | 1048 | 844.1 | 884.6② | 11490 | 1050 | 471 | 20.83 | 26.5 | 252.9 | 34.1 |
| | 溱潼 | 1130 | 6000 | 799 | 574.5 | 459 | 11560 | 776 | 324 | 11.62 | 13.94 | 174.5 | 18 |
| | 海安 | 3500 | 5200 | 1874 | 272.2 | 510.1 | 10400 | 931 | 397 | 12.16 | 14.6 | 77.9 | 18.8 |
| | 白驹 | 1600 | 4500 | 60 | 198.3 | 11.92 | | | | 0.25 | 0.3 | 50 | 0.4 |
| | 合计 | 13900 | | 5319 | 平均 458.5 | 2438.7 | | | | 57.87 | 70.94 | 平均 133.4 | 91.3 |
| 盐阜 | 盐城 | 2100 | 6000 | 632 | 388.1 | 245.3 | 1240 | 895 | 334 | 5.61 | 6.73 | 106.5 | 8.7 |
| | 阜宁① | 2300 | 3000 | 0 | | | | | | | | | |
| | 涟南涟北 | 1900 | 2300 | 0 | | | | | | | | | |
| | 洪泽 | 1800 | 2800 | 0 | | | | | | | | | |
| 总　计 | | 22000 | | 5951 | 平均 451 | 2684 | | | | 63.48 | 77.67 | 130.5 | 100 |

①阜宁凹陷包括阜宁、通洋港凹陷和蛤蜊港凸起;②体积包括低成熟段的。

**表 2-6-16　苏北盆地下第三系分层生油条件评价**

| 层位 | 有效生油岩 | | | 有机质丰度 | | | 总生油量($10^8$t) | 每立方公里生油岩的生油量($10^4$t) | 分层百分比(%) | 生油层分级 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 面积(km²) | 平均厚度(m) | 体积(km³) | 有机碳(ppm) | 沥青“A”(ppm) | 总烃(ppm) | | | | |
| 戴一段 | 681 | 67.5 | 46 | 8100 | 408 | 187 | 0.74 | 161 | 0.9 | Ⅲ |
| 阜四段 | 2248 | 348.3 | 783 | 10800 | 937 | 448 | 23.43 | 299 | 30.2 | Ⅱ |
| 阜三段 | 1051 | 189 | 199 | 9500 | 407 | 108 | 3.79 | 190 | 4.9 | Ⅲ |
| 阜二段 | 4329 | 196.8 | 852 | 15400 | 1315 | 521 | 33.3 | 391 | 42.9 | Ⅱ |
| 阜一段 | 3120 | 137.5 | 429 | 10700 | 536 | 193 | 9.04 | 211 | 11.6 | Ⅲ |
| 泰州组 | 4351 | 86.2 | 375 | 8300 | 521 | 131 | 7.37 | 197 | 9.5 | Ⅲ |
| 合计 | 5951 | 451 | 2684 | | | | 77.67 | 289 | 100 | |




依上述模式，干酪根生成的油量用下列式子表示：

$$油=干酪根-残渣-CO_2-H_2O$$

从热解仪求得 $S_1$、$S_2$、$S_3$ 三项数据后，再经图版换算得到原始干酪根的量及残渣量就可以计算生油量。

计算公式：

$$Q_{热}=S_2\times K$$

式中 $Q_{热}$——成熟生油岩已生油量（千克$_{烃}$／吨$_{岩石}$）；

$S_2$——热解烃；

$K$——产烃率（$\frac{已生烃}{残余热解烃}$）。

按上式计算每个样品的生油量，进而求出每层的平均生油量，代入下式计算各层的生油量（表 2-6-17）。

$$Q=Q_{热}\times面积\times厚度\times岩石密度$$

**表 2-6-17　高邮凹陷热解法生油量计算结果**

| 项目＼层位 | | 戴一段 | 阜四段 | 阜二段 | 阜一段 | 泰州组 | 合　计 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 生油岩面积(km²) | | 292.8 | 309.6/581.6 | 434/929.2 | 1048 | 1048 | |
| 生油岩体积(km³) | | 14.64 | 105.6/254.7 | 58.71/211.7 | 145 | 94.3 | |
| 热解法 | 总生油量($10^8$t) | 0.201 | 9.718 | 9.616 | 7.178 | | 26.713 |
| | 排聚系数(%) | | | | | | 6 |
| | 远景地质储量($10^8$t) | | | | | | 1.6 |
| 备　注 | | 高导泥岩 | 2000～2500m 低成熟段/2500m以下成熟段 | | | 热解法缺泰州组 | |

## 第四节 油 源 对 比

东台坳陷有9套层系获得了工业油气流，近年来，在中国科学院地球化学研究所协作下，着重应用生物标记化合物和正烷烃分布特征等地球化学参数，对高邮、金湖、海安等凹陷不同产层的原油进行了分类对比，对原油和生油岩也进行了对比。

### 一、原油的分类与对比

东台坳陷下第三系的原油具有我国陆相原油高蜡、低硫的特征，含蜡量一般为20~35%，最高达51.9%，含硫量小于1%。原油的分类见表2–6–18。

**表2–6–18 苏北盆地东台坳陷原油的分类**

| 原油类型 | 饱和烃(%) | 芳香烃(%) | 主峰碳 | OEP值 | $\frac{\sum C_{21}^{-}}{\sum C_{22}^{+}}$ | $\frac{Pr}{n-C_{17}}$ | $\frac{Ph}{n-C_{18}}$ | $\frac{Pr}{Ph}$ | 相对密度($d_4^{20}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ⅰ | 65.96~81.89 / 73.76(20)② | 6.95~19.29 / 11.27(20) | $C_{22}$(17) $C_{23}$(2) $C_{20}$(1) | 0.96~1.05 / 1.01(20) | 0.58~1.19 / 0.90(20) | 0.07~0.28 / 0.13(20) | 0.09~0.54 / 0.19(20) | 0.51~1.04 / 0.73(20) | 0.8188~0.8654 / 0.8391(20) |
| Ⅱ | 44.47~61.09 / 54.14(5) | 15.05~20.23 / 16.90(5) | $C_{22}$(4) $C_{23}$(1) | 0.98~1.07 / 1.01(5) | 0.63~1.09 / 0.80(5) | 0.15~0.75 / 0.37(5) | 0.20~1.28 / 0.11(5) | 0.34~0.15 / 0.51(5) | 0.8660~0.9042 / 0.8827(5) |
| Ⅲ | 41.29(1) | 23.01(1) | $C_{22}$(1) | 1.05(1) | 0.43(1) | 0.61(1) | 3.70(1) | 0.18(1) | 0.9042(1) |
| Ⅳ | | | $<C_8$(1) | 1.06(1)① | | 0.10(1) | 0.16(1) | 1.11(1) | 0.7010(1) |
| Ⅴ | 45.39~50.13 / 47.88(4) | 20.58~24.25 / 22.62(4) | $C_{13}$(1) $C_{14}$(1) $C_{22}$(1) | 0.96~1.11 / 1.01(3) | 0.50~0.87 / 0.70(3) | 5.06~44.17 / 15.20(4) | 6.89~16.50 / 11.26(4) | 0.36~4.02 / 1.31(4) | 0.9143~0.9384 / 0.9270(4) |

①以$n-C_{17}\sim n-C_{21}$计算；②表中数据为$\frac{最小值-最大值}{平均值(样品数)}$。

Ⅰ类原油是成熟的原油，饱和烃含量高，一般为70~80%，芳香烃含量低，一般为8~13%。色谱主峰碳大多数为$nC_{22}$，姥鲛烷／植烷(Pr／Ph)接近于1。这类原油的相对密度($d_4^{20}$)为0.82~0.865，属轻—中质原油。

Ⅱ类原油的饱和烃含量为44.47~61.09%，较Ⅰ类原油低19%左右，而芳香烃含量比Ⅰ类原油高，为15.05~20.23%，Pr／Ph比值为0.5左右，相对密度($d_4^{20}$)为0.866~0.904，属中—重质原油。

Ⅲ类原油（安2井），相对密度为0.9042，含硫量为0.97%，含蜡量为17.21%。其饱

和烃、芳香烃含量与Ⅴ类原油较为接近，具有明显的植烷优势，是一种成熟度非常低的原油。

Ⅳ类原油，如肖5井的凝析油，主峰碳数在 $C_8$ 以下，Pr／Ph＞1，相对密度为0.7010，其成熟度最高。

Ⅴ类原油是细菌降解过的原油，如刘11井阜二段原油，深度为1189～1198.2米，该地层温度为65℃左右，处在细菌活动减弱带（60～75℃）的范围内，且该层段地下水矿化度为5000ppm，也利于细菌活动，由于水洗和细菌降解作用，饱和烃减少，芳香烃及非烃等相对含量增加，原油的相对密度也随之增大。

从Pr／Ph～Pr／n-$C_{17}$～Pr／n-$C_{18}$三角图（图2-6-15）上也可以将五类原油分开。成熟度最低的Ⅲ类原油靠近Pr／n$C_{18}$端元。而成熟度最高的Ⅳ类凝析油靠近Pr／Ph端元，但包络在Ⅰ类原油的范围之内，Ⅴ类原油距离Pr／Ph端元最远。

原油的正烷烃碳数分布曲线（图2-6-16）表明，Ⅰ类原油与Ⅱ类原油的差异不太明显，它们能与Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ类原油很好区分。这些明显的差异，除了水洗菌解类型外，主要系热演化程度不同所致。

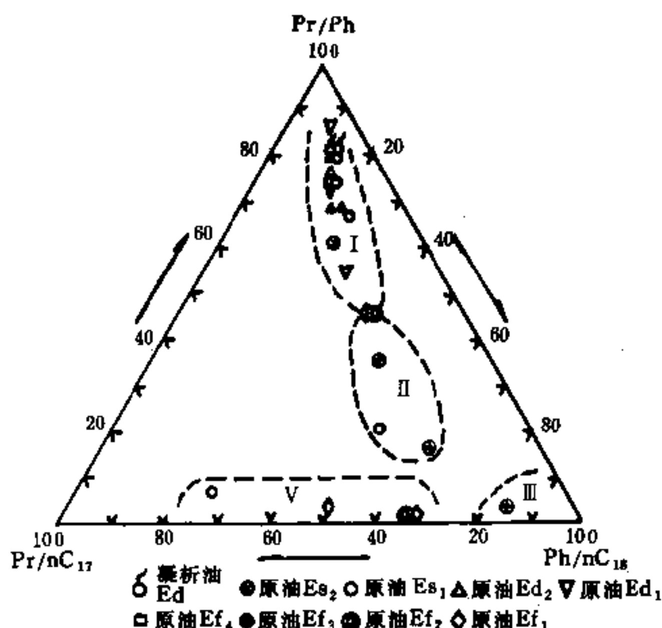



图2-6-15　原油的Pr／Ph、Pr／n$C_{17}$、Pr／n$C_{18}$三角图

类异戊二烯烃的分布随成熟度而变化，成熟度增加，分子量较高的植烷、姥鲛烷含量减少，分子量较低的类异戊二烯烃（i=降姥鲛烷+异十六烷+法呢烷）含量增加。从原油的类异戊二烯烃三角网图可以看出，肖5井（159）的凝析油成熟度最高，安2井（153）原油的成熟度最低，居中间部分的原油以黄20井（138）阜四段原油的成熟度较高。

**二、原油和生油岩对比**

在11对原油—生油岩样品中选择6对的数据来比较。表2-6-19的气相色谱数据表明，曹13井、马4井泥岩的有机质成熟度较低，真51井泥岩的有机质成熟度高，其余3个泥岩样品的有机质成熟度相对较高。金湖和海安凹陷的两对样品具有植烷优势，与高邮凹陷的样品明显不同，可能与较高盐度的沉积环境和较低的成熟度或细菌降解有关。

从原油和生油岩的正烷烃分布曲线（图2-6-17）来看，曹13井、马4井的泥岩与之配对的原油之间的可比性不及其它样品好，说明原油不是来自戴一段生油岩，而阜四段生油岩在本区只有达到生油门限值才能成为油源岩。

6对原油—生油岩样品的生物标记化合物参数（见表2-6-20）的比较，以及它们的甾烷和萜烷质量色谱图（见图2-6-18、图2-6-19）的对比，可以看出曹13井戴一段泥岩含有 $C_{28}$～$C_{33}$ 的4-甲基藿烷系列化合物，而原油则不含4-甲基藿烷系列化合物，泥岩的γ-

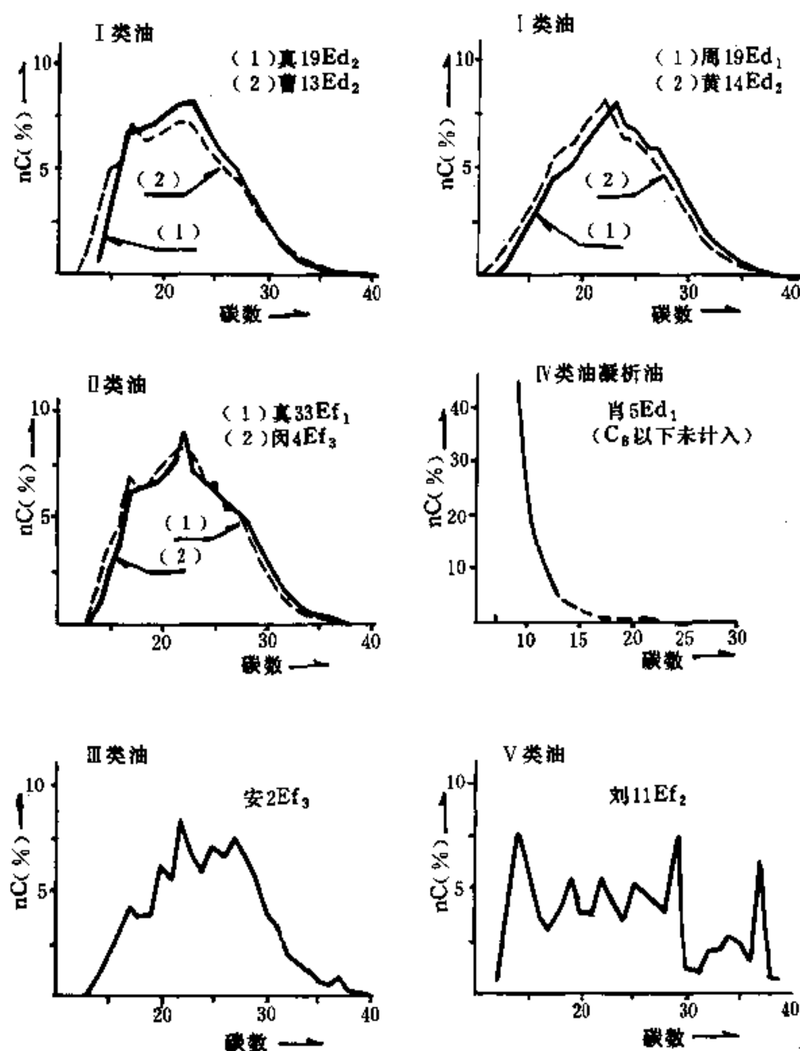



图 2-6-16 各类原油的正烷烃碳数分布曲线

**表 2-6-19 东台坳陷原油、生油岩的气相色谱数据**

| 凹陷 | 井号 | 层位 | 样品 | 主峰碳 | OEP值 | $\frac{\sum C_{21}}{\sum C_{22}^{+}}$ | $\frac{C_{21}+C_{22}}{C_{28}+C_{29}}$ | $\frac{P_r}{nC_{17}}$ | $\frac{P_h}{nC_{18}}$ | $\frac{P_r}{P_h}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 金湖 | 闵 4 | $Ef^3$ | 原油 | $nC_{22}$ | 0.99 | 0.73 | 1.92 | 0.41 | 1.20 | 0.34 |
| | 闵 2 | $Ef^2$ | 泥岩 | $nC_{22}$ | 0.97 | 0.49 | 1.35 | 0.59 | >2.62 | <0.23 |
| 海安 | 安 2 | $Ef^3$ | 原油 | $nC_{22}$ | 1.05 | 0.43 | 1.11 | 0.61 | 3.70 | 0.18 |
| | 安 1 | $Ef^2$ | 泥岩 | $nC_{20}$ | 1.12 | 0.68 | 1.26 | 1.22 | >4.15 | <0.26 |
| 高邮 | 曹 13 | $Ed^2$ | 原油 | $nC_{22}$ | 1.04 | 0.99 | 2.09 | 0.13 | 0.14 | 1.04 |
| | 曹 13 | $Ed^1$ | 泥岩 | $nC_{27}$ | 1.28 | 0.46 | 0.98 | 0.21 | 0.23 | 0.94 |
| | 马 8 | $Ed^2$ | 原油 | $nC_{22}$ | 1.02 | 1.09 | 1.88 | 0.15 | 0.20 | 0.75 |
| | 马 4 | $Ef^4$ | 泥岩 | $nC_{23}$ | 1.35 | 0.69 | 3.65 | 0.25 | 0.32 | 0.75 |
| | 黄 20 | $Ef^4$ | 原油 | $nC_{22}$ | 1.03 | 0.86 | 2.46 | 0.08 | 0.11 | 0.77 |
| | 黄 20 | $Ef^4$ | 泥岩 | $nC_{23}$ | 1.09 | 0.59 | 1.62 | 0.11 | 0.09 | 1.06 |
| | 真 19 | $Ed^2$ | 原油 | $nC_{22}$ | 1.04 | 0.84 | 2.18 | 0.11 | 0.14 | 0.08 |
| | 真 51 | $Ef^4$ | 泥岩 | $nC_{23}$ | 1.00 | 0.33 | 1.20 | — | — | — |

蜡烷含量远低于原油中的含量，且泥岩的 $C_{28}$ 甾烷含量很低，这些都说明它们之间缺乏可比性，表明戴一段泥岩为非油源岩。

黄 20 井泥岩裂缝中的原油含丰富的甾烷和萜烷，它与该井阜四段泥岩的许多参数（见表 2-6-20）有良好的对比性，证实属于自生自储类型。

真 19 井原油和真 51 井泥岩的甾烷和萜烷的分子参数有许多很接近，它们的质量色谱图也显示了较好的对比性，表明高邮凹陷戴南组以及三垛组的次生原油是来自阜四段生油岩。

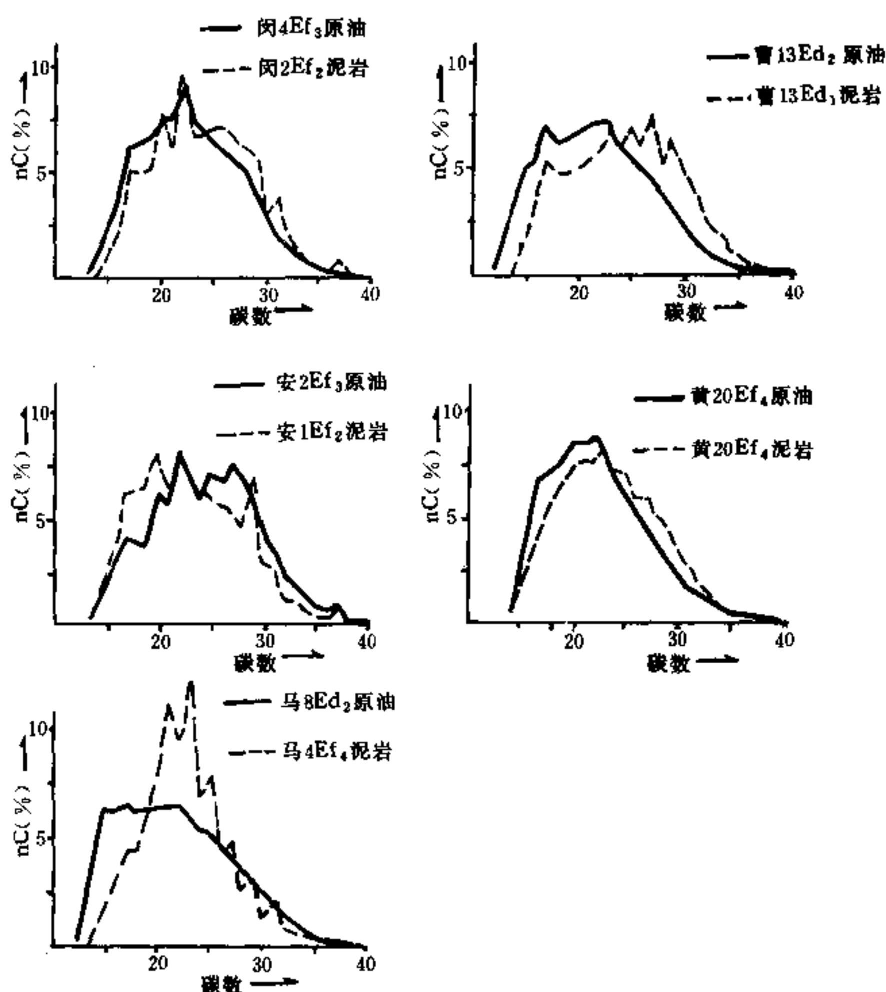



图 2-6-17　原油与生油岩正烷烃分布曲线

马 8 井戴二段原油和马 4 井阜四段泥岩的母质有许多相似处，甾烷的分布比较接近，它们的四甲基甾烷 M／Z 231 质量色谱图也相似。但泥岩的 4-甲基甾烷／甾烷比值高于原油，$\gamma$-蜡烷相对含量低于原油。此外，泥岩中 $\beta$-胡罗卜烷含量很低，而原油中则不含。马 4 井泥岩的 OEP 值和藿烷 $C_{32}$22S／22R+22S 比值等表明它还不成熟，如果该泥岩的母质达到成熟后，也可能生成象马 8 井那样的原油。

安 2 井阜三段原油和安 1 井阜二段泥岩的甾烷、萜烷分布很相似（见图 2-6-18、图 2-6-19），分子参数比较接近（见表 2-6-20）。它们的 4-甲基甾烷分布也很相似，4-甲基甾烷／甾烷比值均很低，都含有少量 $\beta$-胡罗卜烷，而 $\gamma$-蜡烷的相对含量很高。安 1 井阜二

段泥岩的 $C_{29}$ 甾烷相对含量比安 2 井原油高一些，γ—蜡烷相对含量也高一些。这一对样品具有较好的对比性。可以认为安 2 井阜三段原油来自低成熟的阜二段泥岩，其埋藏深度可能要比安 1 井 2694 米处的泥岩浅一些。

**表 2-6-20　东台坳陷原油—生油岩的甾烷和萜烷参数**

| 井号 | 层位 | 样品 | $C_{29}\frac{\beta\alpha}{\alpha\beta}$ | $C_{30}\frac{\beta\alpha}{\alpha\beta}$ | $\frac{C_{29}\alpha\beta}{C_{30}\alpha\beta}$ | $C_{32}\frac{22S}{22(R+S)}$ | $\frac{\gamma-蜡烷}{C_{30}\alpha\beta}$ | $\frac{C_{29}\alpha\alpha 20R}{C_{30}\alpha\beta}$ | $\frac{4-MSC_{30}}{C_{29}\alpha\alpha 20R}$ | $C_{29}\alpha\alpha\ \frac{20S}{20(R+S)}$ | $C_{29}\ \frac{\beta}{\alpha\alpha+\beta\beta}$ | $\frac{C_{27}}{C_{29}}\alpha\alpha 20R$ | 样品号 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 闵 4 | $Ef^3$ | 原油 | 0.11 | 0.18 | 0.53 | 0.55 | 0.36 | 0.32 | 0.41 | 0.31 | 0.21 | 0.36 | 152 |
| 闵 2 | $Ef^2$ | 泥岩 | 0.54 | 0.23 | 0.35 | 0.44 | 1.51 | 3.80 | 0.13 | 0.09 | 0.11 | 0.25 | 161 |
| 安 2 | $Ef^3$ | 原油 | 0.25 | 0.27 | 0.46 | 0.43 | 1.07 | 2.17 | 0.22 | 0.15 | 0.13 | 0.54 | 153 |
| 安 1 | $Ef^2$ | 泥岩 | 0.22 | 0.26 | 0.50 | 0.42 | 1.93 | 2.14 | 0.13 | 0.18 | 0.16 | 0.41 | 162 |
| 曹 13 | $Ed^2$ | 原油 | 0.07 | 0.09 | 0.52 | 0.61 | 0.48 | 0.10 | 1.25 | 0.46 | 0.37 | 0.64 | 156 |
| 曹 13 | $Ed^1$ | 泥岩 | 0.26 | 0.23 | 0.58 | 0.57 | 0.09 | 0.03 | 1.01 | 0.27 | 0.22 | 1.02 | 165 |
| 马 8 | $Ed^2$ | 原油 | 0.08 | 0.11 | 0.37 | 0.61 | 0.38 | 0.13 | 0.49 | 0.29 | 0.24 | 0.67 | 155 |
| 马 4 | $Ef^4$ | 泥岩 | 0.20 | 0.17 | 0.94 | 0.51 | 0.17 | 0.31 | 0.73 | 0.48 | 0.53 | 0.73 | 164 |
| 黄 20 | $Ef^4$ | 原油 | 0.08 | 0.07 | 0.42 | 0.65① | 0.17 | 0.07 | 0.49 | 0.43 | 0.44 | 0.51 | 138 |
| 黄 20 | $Ef^4$ | 泥岩 | 0.05 | 0.07 | 0.53 | 0.59① | 0.24 | 0.05 | 0.47 | 0.43 | 0.43 | 0.45 | 107 |
| 真 19 | $Ed^2$ | 原油 | 0.05 | 0.08 | 0.49 | 0.61① | 0.29 | 0.22 | 0.49 | 0.30 | 0.33 | 0.88 | 133 |
| 真 51 | $Ef^4$ | 泥岩 |  | 0.19 | 0.50 | 0.57① | 0.42 | 0.44 | 0.47 | 0.29 | 0.19 | 0.74 | 131 |

① 按 $C_{31}$ 22S／22(R+S)计算。

闵 4 井阜三段原油和闵 2 井阜二段泥岩的甾烷、萜烷的分布显然不同（见图 2-6-18、图 2-6-19），泥岩的 γ—蜡烷相对含量比原油中高得多(见表 2-6-20),而 $C_{31}$～$C_{35}$ 藿烷相对较低。闵 2 井泥岩埋藏深度仅 1675.5 米,其成熟度比闵 4 井原油低,不能视为其油源岩。

## 三、初步认识

1）高邮凹陷的大部分戴一段泥岩显示出较高的陆源母质输入，生油能力较差，阜四段泥岩是主要的生油岩。埋藏较深的阜四段原生原油和次生的戴南组、三垛组原油存在一定的差异，阜二段生油岩所生的原油其地球化学特征，有待进一步工作。

2）海安凹陷安 2 井阜三段原油是成熟度非常低的原油，埋藏相对较浅的阜二段泥岩可能是它的油源岩，其工业意义不容忽视，寻找这类原油是今后的勘探方向之一。

3）金湖凹陷的阜三段（闵 4 井）、阜二段（刘 11 井）及阜一段（刘 13 井）原油，同阜二段泥岩一样具有植烷优势，$P_h$／$nC_{18}$ 比值较高。泥岩的 Pr／$P_h$ 比值和 4-甲基甾烷／甾烷的比值很低，表明阜二段泥岩达到足够的成熟度时是可能提供油源的。

4）从阜二段生油岩的色谱—质谱分析结果，预测可能找到与它相对应的 γ—蜡烷、β—胡罗卜烷和三环二萜烷等含量较丰富的原油。

5）目前已经探明的油田和含油地区多围绕凹陷中的次凹周邻分布，说明这些次凹形成各自的生油中心为其油源区。

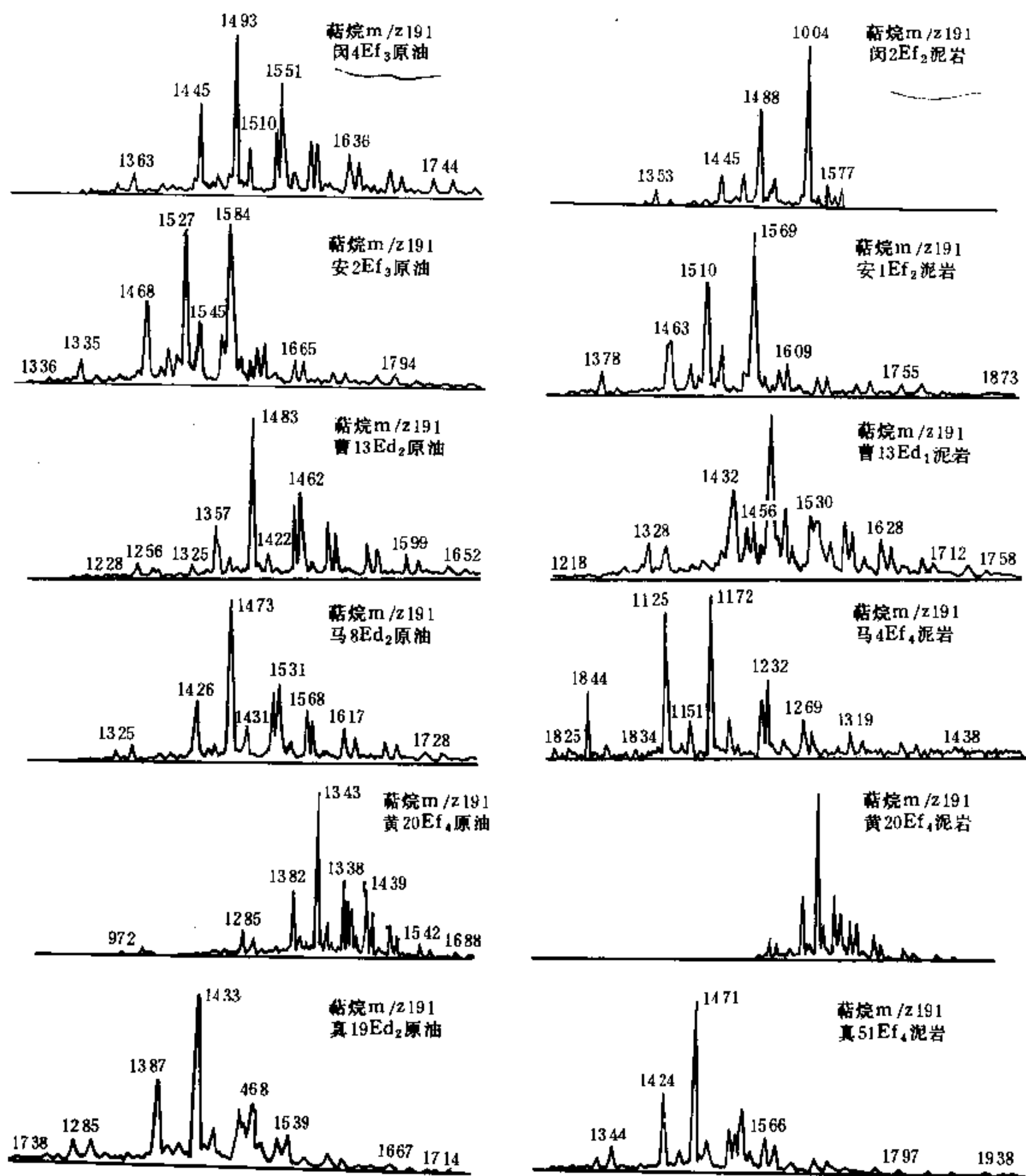



图 2-6-18　原油和泥岩的萜烷 M／Z191 质量色谱图

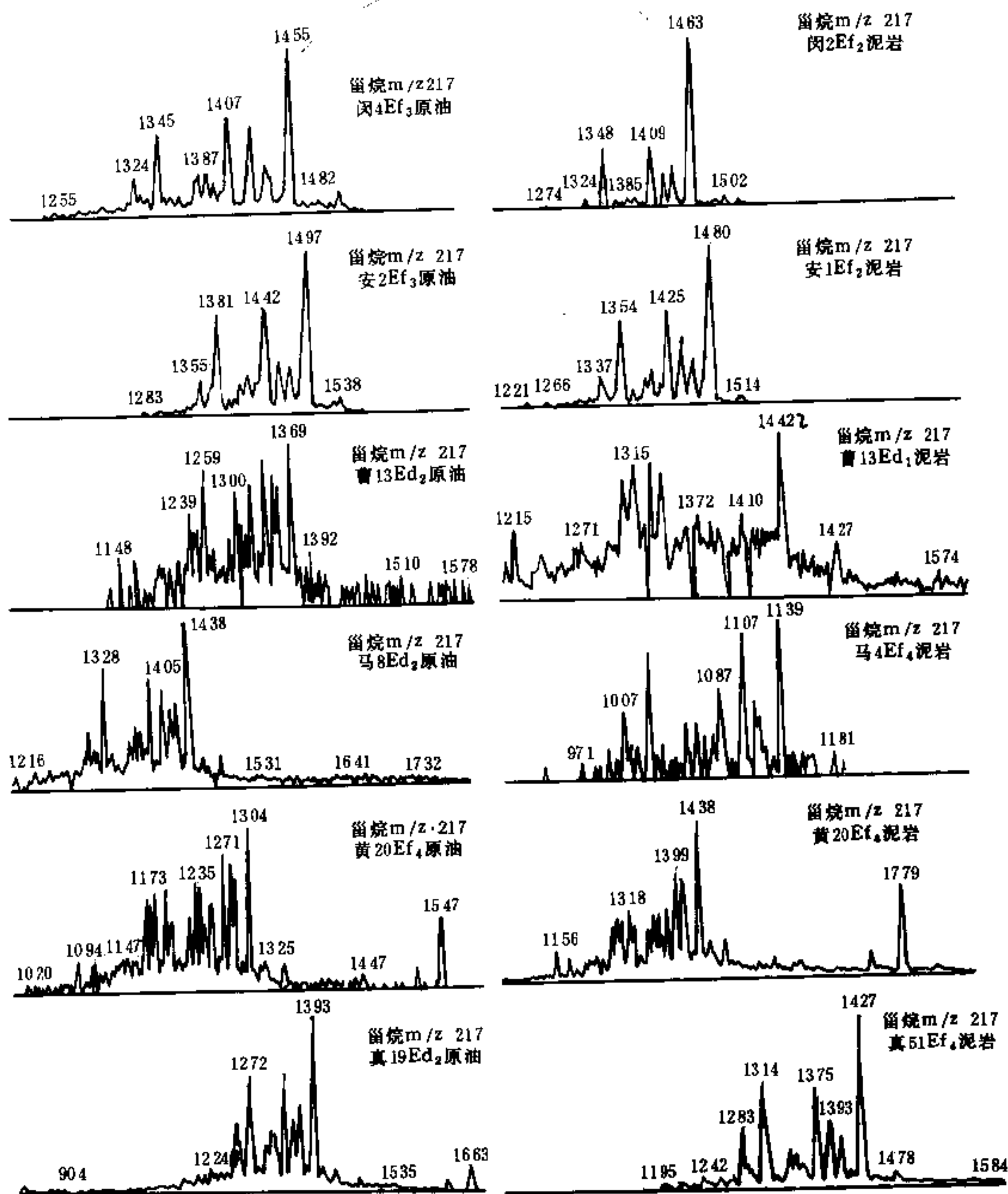



图 2-6-19 原油和泥岩的甾烷 M/Z 217 质量色谱图

# 第七章　高邮凹陷水文地质

高邮凹陷是东台坳陷中沉积厚度最大、勘探程度较高的。由于其他地区的水化学分析资料太少，因此，本章重点对高邮凹陷的水文地质进行叙述。高邮凹陷的水化学特征在纵向上和横向上均变化很大，这主要是受构造运动产生的沉积间断和断裂作用控制，受沉积环境和后生作用制约。

油田水主要以苏林水化学分类为主，同时考虑思乔勒分类中的一些指标进行论述。并且还计算了脱硫系数($(SO_4^{2-}/Cl^-)\times100$)和油气聚集系数（$SO_4^{2-}/(HCO_3^-+CO_3)$）两项指标。

在高邮凹陷，按苏林分类以 $NaHCO_3$ 型水为主，占 57%；$Na_2SO_4$ 型次之，占 36%；$CaCl_2$ 型仅占 5%；$MgCl_2$ 型水仅占 2%。这与一般油田水不相符，与沉积物源及地表水的渗入有关。

奇博塔夫分类是以地层水成因为基础的分类法。该区据统计资料，重碳酸盐水组仅占 4%，其余均为氯化物水组，其中主要是Ⅴ类，占 62%；其次是Ⅳ类；Ⅲ类很少。可以认为从Ⅰ—Ⅴ类是原生水渗入不同比例的地表水造成的，并和沉积环境及物源区母岩性质有关。

思氏分类太繁而且规律性差。仅基础交换指标（IBE）及$\sqrt[3]{\left(HCO_3^- + CO_3^{2}\right)(C^{2+}a)}$这两项指标具有一定的指导意义。

## 第一节　地层水纵向分带

高邮凹陷地层水的纵向变化是受沉积环境和构造运动两种因素控制的。

沉积环境决定地下水的性质。先期沉积物被迅速的掩埋，特别是细的不透水泥质沉积造成水文地质的封闭条件，并阻挡大气水的交换，使地层水在后期被浓缩而矿化度升高。

构造运动在两方面对地层水化学性质进行改造：一方面造成沉积间断，古淋滤水沿风化剥蚀面大量渗入，从而降低地层水的总矿化度，改变地层水的性质。另一方面由于断层作用形成破碎带，特别是长期活动的同生断层为地表水向下渗入提供通道，使之向更深部位交换。

因此，在地质时期连续的沉积是水文地质的封闭时期，地层水交换停滞，表现为矿化度的高值，$Cl^-$浓度增高，$Cl^-/Na^+$增大。构造运动形成的沉积间断是水文地质的开启时期，由于地层破裂、风化剥蚀，地层水交换活跃，表现为矿化度降低，$Cl^-$浓度下降。高邮凹陷中地层水经过这样反复多次演化，在纵向上明显可分四个带，每个带均代表着水文地质条件由封闭到开启的一个过程，并在对应的一次大的构造运动时期结束，组成一个水化学性质的旋回（见表 2–7–1）。

**一、基底水化学**

高邮凹陷基底是震旦系—白垩系，地层水矿化度除南断阶带上的许庄地区外均在 2000 毫克／升以上，最大达 100000 毫克／升以上，并明显地随埋藏深度增大而增大（见图 2–7–1）。

表 2-7-1　高邮凹陷地层水纵向变化

| 水旋回 | 层位 | 沉积环境 | 代表地区 | 沉积间断 | 矿化度(ppm) | $Cl^-/Na^+$ | $Cl^-$(%) | 苏林水型 | 奇氏水类 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 水动力带 | 水化学相 | 沉积水 | 水类 |
| 4 | $NY_1$ | 河流相 | 周庄 | 间断 | 1237 | 0.58 | 28 | $NaHCO_3$ | 活动交换 | 低盐相 | 淡水 | $Cl^-$—Ⅲ |
| 3 | $ES_2$ | 河流相 | 永安 | | 4882 | 0.67 | 33 | $NaHCO_3$ | | 过渡相 | 咸水 | Cl —Ⅲ |
| | | | 周庄 | | 12839 | 0.90 | 44 | $Na_2SO_4$ | | | | $Cl^-$　V |
| | $ES_1$ | 河流—三角洲相 | 真武 | | 16147 | 0.99 | 48 | $Na_2SO_4$ | 延迟交换 | 高盐相 | 盐水 | $Cl^-$—V |
| | | | 永安 | | 19876 | 0.93 | 45 | $Na_2SO_4$ | | | | $Cl^-$—V |
| | $Ed_2$ | | 真武 | | 13844 | 0.83 | 39 | $NaHCO_3$ | | | | $Cl^-$—V |
| | | | 永安 | | 22696 | 1.02 | 46 | $CaCl_2$ | | | | Cl —V |
| | $Ed_1$ | 河流相—湖相 | 真武 | | 11133 | 0.72 | 35 | $NaHCO_3$ | | | | $Cl^-$—Ⅳ |
| | | | 永安 | 间断 | 17975 | 0.93 | 43 | $Na_2SO_4$ | | | | $Cl^-$—V |
| 2 | Ef | 河流相—湖相 | 黄珏 | | 2306 | 0.18 | 9 | $NaHCO_3$ | 延迟交换 | 低盐相 | 咸水 | $HCO_3^-$—Ⅰ |
| | | | 许庄 | | 8995 | 0.61 | 29 | $NaHCO_3$ | | 过渡相 | | Cl—Ⅳ |
| | $E_t$ | 河流相—湖相 | 许庄 | | 20362 | 0.91 | 40 | $NaHCO_3$ | 停滞交换 | 高盐相 | 盐水 | $Cl^-$—Ⅳ |
| | | | 周庄 | 间断 | 44916 | 0.97 | 47 | $NaSO_4$ | | | 卤水 | $Cl^-$—V |
| 1 | 基底 | 海相 | 许庄 | | 7381 | 0.46 | 19 | $NaHCO_3$ | 延迟交换 | 过渡相 | 咸水 | $HCO_3^-$—Ⅲ |
| | | | 周庄 | | 37014 | 0.99 | 46 | $Na_2SO_4$ | 停滞交换 | 高盐相 | 盐水 | Cl—V |
| | | | 真武 | | 101508 | 1.92 | 37 | $CaCl_2$ | | | 卤水 | $Cl^-$—Ⅳ |

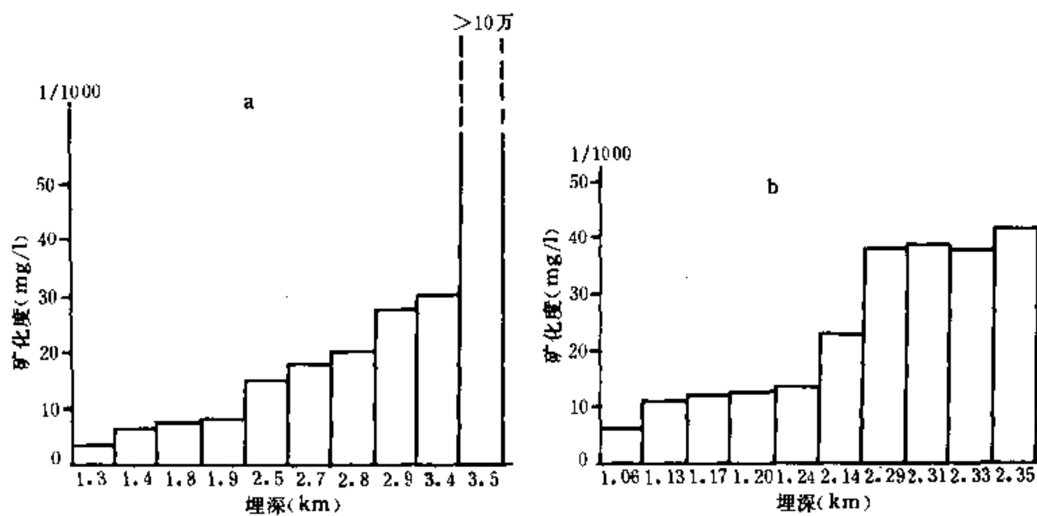



图 2-7-1

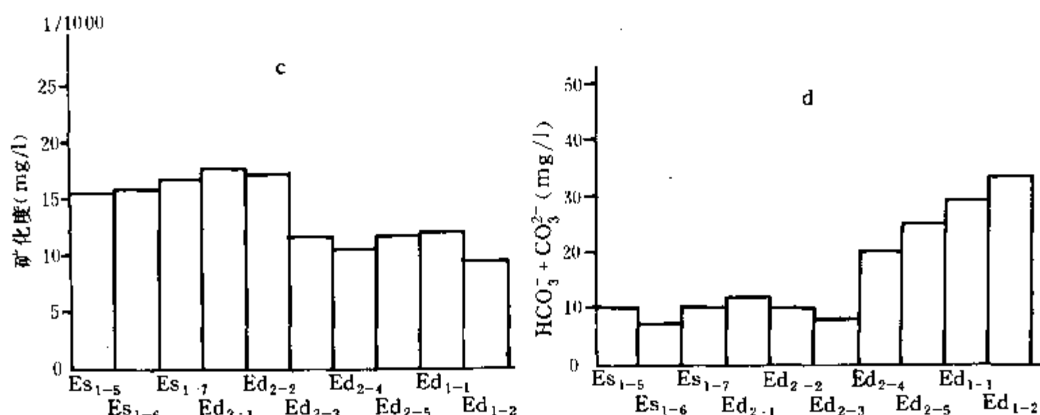



图 2-7-1　高邮凹陷地下水矿化度变化图

a—古生代地层水矿化度随深度变化图；b—富 26 井下第三系地层水矿化度随深度变化图；

c—真武地区地层水矿化度随地层变化图；d—真武地区 $HCO_3^-+CO_3$ 浓度随地层变化图

在南断阶带上剥蚀面附近地层水矿化度最低，仅 10000 毫克／升左右，一般埋深小于 2000 米时其矿化度低于 10000 毫克／升。

苏林水型由浅到深则由 $NaHCO_3$ 型或 $Na_2SO_4$ 型变为 $MgCl_2$ 和 $CaCl_2$ 型；奇氏水组均为氯化物，水类Ⅳ或Ⅴ。表现出 $SO_4^{2-}$ 含量低，一般在 4%以下；IBE 值高，大部为正值；主要阳离子顺序为 $Na^+>Ca^{2+}>Mg^{2+}$ 和 $Na^+>Mg^{2+}>Ca^{2+}$，深部并出现 $Ca^{2+}>Mg^{2+}>Na^+$ 的顺序；主要阴离子顺序为 $Cl^->SO_4^{2-}>HCO_3^-$，少数 $Cl^->HCO_3^->SO_4^{2-}$。

由于中—古生界地层下部为海相沉积并且埋藏深，造成封闭环境。从而使地层水矿化度升高，$Cl^-$ 富集。但在上部的风化壳上及大断层附近破碎带上，由于古大气水的长期淋虑交换形成一个厚度 200～300 米的低矿化度带。苏林水型为 $NaHCO_3$；奇氏水类为Ⅰ—Ⅲ类；$HCO_3^-$ 含量高。矿化度在 10000 毫克／升以下。

## 二、新生代:古—始新世水化学旋回

该旋回包括古—始新世泰州组、阜宁组。水化学资料较少，但可明显看出地层水矿化度随地层变老而增大。见图 2-7-1b。阜宁组一般在 10000 毫克／升以下，到泰州组逐渐升高到 40000 毫克／升以上。

水型由单一的 $NaHCO_3$ 型逐渐变为以 $MgCl_2$、$CaCl_2$ 型水为主。$Cl^-$ 逐渐富集，$SO_4^{2-}$ 浓度减少，$HCO_3^-$ 减少。主要阴离子顺序在阜宁组为 $Cl^->HCO_3^->SO_4^{2-}$ 或 $HCO_3^->Cl^->SO_4^{2-}$ 到泰州组变为 $Cl^->SO_4^{2-}>HCO_3^-$。

这说明水文地质条件在泰州组为封闭的停滞交换，到阜宁组变为开启的活动交换。但是阜二段和阜四段厚愈千米的深—半深湖相地层，是高邮凹陷的主要生油岩，系封闭的、还原条件下沉积。按说应具有封闭的、弱交换的水文地质条件，地层水矿化度应当较高。但从现有资料看，阜宁组地层水矿化度绝大部分在 2000～8000 毫克／升，均为 $NaHCO_3$ 型。奇氏分类大部分为 $Cl^-$—Ⅲ或 $HCO_3^-$—Ⅲ，极少 $Cl^-$—Ⅳ。说明有较多的大气水混入。

## 三、新生代:始—渐新世水性旋回

对高邮凹陷来说，始—渐新世地层是该凹陷的主要含油层系，因此水化学资料最丰富。真武、曹庄、富民、联盟庄西区及黄珏等地区可分砂层组统计。该旋回除永安地区垛二段及

黄珏地区垛一段外，地层水矿化度均在10000毫克／升以上。东部可达40000毫克／升。苏林水型多为$Na_2SO_4$和$NaHCO_3$型，北东方向可见$CaCl_2$型。奇氏水型为$Cl^-$—V或$Cl^-$—Ⅳ。IBE值变化较大，并且多为负值；主要阴离子顺序为$Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$。

从几个分砂层组统计的地区看出（除垛二段资料较少外），地层水矿化度基本上是随地层变老而降低。并在戴二段第二砂层组和第三砂层组之间有一个突变，其下部地层表现低值则与戴一段相似，上部地层表现高值与垛一段相似，见图2-7-1c，因此可以戴二段第二、第三砂层组分界面将水化学性质分成上下两部分。

上部（垛一段和戴二段一、二砂层组）还表现出$Cl^-$富集，当量百分数在40以上，而下部（戴二段第三砂层组以下及戴一段）则表现$HCO_3^-+CO_3^{2-}$富集，比上部高出一倍以上。奇氏水型上部多为$Cl^-$—V，而下部则以$Cl^-$—Ⅳ为主。下部阴离子顺序出现$Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{2-}$的现象（见图2-7-1d）。这是由于戴一段及戴二段下部是在潮湿的气候条件下沉积的，古大气水交换比较活跃。而上部则变为干燥的氧化环境下沉积的。

垛二段地层水矿化度表现低值，在永安地区，处于剥蚀面上的仅4787毫克／升，在150米的厚度内逐渐增大到11528毫克／升。苏林水型为$NaHCO_3$型。周庄地区也如此，最大可达28000毫克／升。

**四、新生代上第三系盐城组活动交换低盐相淡水带**

地层水矿化度1000毫克／升左右，均为$NaHCO_3$型，奇氏分类为$Cl^-$—Ⅲ。$Cl^-/Na^+$为0.5左右。$Cl^-$当量百分数30以下；$HCO_3^-$富集，当量百分数近20，具地层水的性质，无咸味。由于埋藏浅，与大气水的交换仍在进行。

## 第二节　地层水化学性质横向变化及水文地质探讨

**一、中—古生界地层水变化特征**

中—古生界地层是以海相沉积为主的石灰岩，碎屑岩及泥岩，加上漫长的地质时期的变质，形成高矿化度的盐水、卤水。地层水矿化度在35000毫克／升以上，在个别地区高达100000毫克／升以上。水型为$Na_2SO_4$和$CaCl_2$、$MgCl_2$型，奇氏水类为$Cl^-$—V。$Cl^-$富集，当量百分数在45以上。

中生代末期的仪征运动，使中—古生界遭受严重剥蚀，古大气水长期的淋滤使原海相沉积的地层水淡化。形成一个厚约200～300米的风化壳。地层水矿化度在这一风化壳上随深度增大而增大。如真31井奥陶系,在距剥蚀面200米的深度内地层水矿化度由16593毫克／升增大到27896毫克／升。水型由$NaHCO_3$型变为$CaCl_2$或$Na_2SO_4$型。主要阴离子当量百分数，$Cl^-$在增大，$SO_4^{2-}$和$HCO_3^-+CO_3^{2-}$在减小，差别在一半以上（见表2-7-2）。这表明古大气水渗滤作用向下减弱，到风化带以下则保留原生水性质。

深凹带中，由于埋藏深，在漫长的沉积时期风化带上地层水逐渐浓缩变质。矿化度逐渐升高，风化带上低矿化度水变薄甚至消失。

高邮凹陷南侧紧邻江都凸起，由于无第三系覆盖，与大气水的交换仍在进行，其影响深度在1200米以上。江都凸起上的古参1井仅第四系东台组80米左右的地层与白垩系浦口组接触。在1310米处奥陶系地层水矿化度仅2100毫克／升。水型为$NaHCO_3$或$Na_2SO_4$。$SO_4^{2-}$富集，当量百分数20～38；奇氏水型$HCO_3^-$—Ⅲ或$SO_4^{2-}$—Ⅳ，接近地表水。

表 2-7-2　真 31 井奥陶系水化学性质变化

| 井段 (m) | 距剥蚀面(m) | 矿化度 mg／l | 主要阴离子浓度 | | | 苏林水型 | 奇氏水型 | $Cl^-$／$Na^+$ | IBE | $SO_4^{2-}$／$Cl^-$ ×100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $Cl^-$ | $SO_4^{2-}$ | $HCO_3^-$ | | | | | |
| 2748.2～2768.0 | 23.2 | 16593 | 35 | 4 | 11 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅳ | 0.75 | −0.804 | 10.2 |
| 2784.0～2994.0 | 59.0 | 16649 | 35 | 4 | 11 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅳ | 0.75 | −0.761 | 12.1 |
| 2881.0～2890.8 | 156.0 | 20365 | 42 | 3 | 5 | $CaCl_2$ | $Cl^-$—Ⅴ | 1.1 | 0.088 | 6.51 |
| 2928.0～2746.0 | 203.0 | 27896 | 44 | 2 | 4 | $Na_2SO_4$ | $Cl^-$—Ⅴ | 0.97 | −0.223 | 3.99 |

许庄断阶带因处于江都—吴堡断裂带，地层破碎，向上断达低矿化度的盐城组，从而使地表水以断面为通道向下渗入交换，使这一地区地层水变淡。整个中—古生界地层水矿化度在 10000 毫克／升以下,苏林水型为 $NaHCO_3$ 型,奇氏水型为 $HCO_3^-$—Ⅲ或 $Cl^-$—Ⅲ或 $Cl^-$—Ⅳ型。$HCO_3^-$ 富集，当量百分数 21～29，这种纵向交换的结果，造成许庄断阶带为一淡水—微咸水区。除了上述的纵向交换为主要因素之外，来自南部江都凸起上的低矿化度的淡水横向渗入作用也存在。在许庄地区 1500 米左右的范围内北部矿化度比南部高。

中—古生界富水岩系在风化带上，试水结果日产在 100 立方米左右。许庄断阶带上的许庄地区最高，自溢 300～500 立方米／日。风化带之下由于后生作用强烈，渗透性太差，多为水干层。抽汲结果日产水一般 1～3 立方米，最大不超过 10 立方米／日。这说明在苏北地区的潜山不论是石灰岩山头还是泥山头，一般存在 200 米左右的风化带，产能均很高。

**二、下第三系古—始新统泰州组、阜宁组水文地质**

泰州组是在仪征运动后下伏地层剥蚀成准平原的基础上沉积的。泰一段为河流相砂砾岩、砂岩与泥岩互层；泰二段为广泛的浅湖—较深湖相以泥岩为主的地层，对高邮凹陷来说仅邵伯—黄珏一带有小范围的水下冲积扇沉积。因此富水岩系为泰一段底部一套河流相的砂砾岩、砂岩，在南部断阶带埋深 2000 米左右，深凹带超过 4000 米。试水结果日产水 30～80 立方米。由于泰二段泥岩的覆盖，加上泰州组末期的构造运动不明显，因此造成强封闭的水文地质条件。同沉积的地层水在以后的地质时期内大气水的交换很弱，造成目前高矿化度的特征，一般在 40000 毫克／升以上。水型为 $CaCl_2$ 或 $MgCl_2$ 型；脱硫系数小于 10，IBE 值多为正值。只是许庄地区由于靠近断裂带，地层破碎，与大气水交换强烈，存在低矿化度区，水型多为 $NaHCO_3$ 型。

阜宁组四个段为两套由粗到细的正旋回沉积。泰州组之后在原统一的湖盆上沉积了阜一段河流相地层,西粗东细。阜二段为一套浅湖—较深湖相以暗色泥岩为主的地层,西部天长—高邮一带，阜三段为浅湖相、三角洲相砂、泥岩间互的地层。阜四段为暗色泥岩夹薄层石灰岩的湖相地层。在阜二和阜四段可能发生多次海侵。整个阜宁组灰质含量均很高，在 10%以上。砂岩孔隙度小，一般 8～14%。因此含水岩层产能不高。十几口井的试水结果日产水

多在10立方米以下。

根据现有的水化学资料，在金湖凹陷中部闵桥—塔集一带，及高邮凹陷深凹带东部周庄—花家庄一带埋藏较深的地区，具有较好的封闭条件，地层水矿化度较高，一般在15000~35000毫克／升，为高矿化度区域。且矿化度明显地随地层变老而增大。如闵桥地区，阜三段地层水矿化度平均17412毫克／升，阜二段平均22823毫克／升，阜一段平均30378毫克／升。水型为$NaHCO_3$型，$Cl^-$／$Na^+$在0.8以上；奇氏水型为$Cl^-$—V，并且$Cl^-$富集，$SO_4^{2-}$很少，脱硫系数在2.0以下。

但是在高邮、金湖凹陷的边缘及斜坡带、断阶带均表现为活动交换的特征，地层水矿化度在10000毫克／升以下。如许庄断阶带及黄珏—马家嘴一带仅2000~8000毫克／升，并明显地比上、下层的地层水矿化度低一倍左右。水型为$NaHCO_3$型。$HCO_3^-$富集，当量百分数在10以上（表2-7-3）。

**表2-7-3　阜宁组水化学性质统计表**

| 凹陷 | 地区 | 层段 | 矿化度 (mg／L) | 苏林水型 | 当量百分数 | | | 奇氏水型 | $SO_4^{2-}$／$Cl^-$×100 | IBE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $Cl^-$ | $SO_4^{2-}$ | $HCO_3^-+CO_3^{2-}$ | | | |
| 金湖 | 刘庄 | $Ef^3$ | 6031 | $NaHCO_3$ | 36 | 9 | 5 | $Cl^-$—Ⅳ | 25.62 | −0.733 |
| | | $Ef^2$ | 5801 | $NaHCO_3$ | 38 | 2 | 10 | $Cl^-$—Ⅳ | 6.01 | −1.245 |
| | | $Ef^1$ | 5930 | $NaHCO_3$ | 46 | 1 | 3 | $Cl^-$—Ⅴ | 1.13 | −0.771 |
| | 闵桥 | $Ef^3$ | 17412 | $NaHCO_3$ | 45 | 0 | 5 | $Cl^-$—Ⅴ | 0 | −0.802 |
| | | $Ef^2$ | 22823 | $NaHCO_3$ | 44 | 1 | 4 | $Cl^-$—Ⅴ | 2.52 | −0.943 |
| | | $Ef^1$ | 30378 | $NaHCO_3$ | 45 | 0 | 5 | $Cl^-$—Ⅴ | 0.41 | −0.932 |
| | 崔庄 | $Ef^1$ | 5236 | $NaHCO_3$ | | | | | | |
| 高邮 | 马家嘴 | $Ef^1$ | 4237 | $NaHCO_3$ | 38 | 7 | 5 | $Cl^-$—Ⅴ | 19.25 | −0.894 |
| | 黄珏 | $Ef^1$ | 2306 | $NaHCO_3$ | 9 | 0 | 41 | $HCO_3^-$—Ⅰ | 0 | −0.959 |
| | 许庄 | $Ef^1$ | 8995 | $NaHCO_3$ | 29 | 10 | 10 | $Cl^-$—Ⅳ | 34.71 | −0.947 |
| | 花家庄 | $Ef^{2+3}$ | 14027 | $NaHCO_3$ | 44 | 2 | 4 | $Cl^-$—Ⅴ | 3.77 | −0.702 |
| | 周庄 | $Ef^3$ | 24677 | $NaHCO_3$ | 46 | 2 | 2 | $Cl^-$—Ⅴ | 3.60 | −0.852 |
| | 沙埝 | $Ef^3$ | 9273 | $MgCl_2$ | 49 | 0 | 1 | $Cl^-$—Ⅴ | 0.01 | 0.064 |
| | | $Ef^1$ | 5863 | $NaHCO_3$ | 19 | 4 | 18 | $SO_4^{2-}$—Ⅳ | 22.23 | −2.999 |
| 海安 | 安-1 | $Ef^2$ | 1726 | $NaHCO_3$ | 41 | 4 | 5 | $Cl^-$—Ⅳ | 8.7 | −0.708 |

上述水化学特征是由于吴堡运动使阜宁组受到长期剥蚀，高邮凹陷阜四段在凹陷内部厚达500米以上，而断阶带、斜坡带仅150米左右或缺失。金湖凹陷基本上是戴二段与阜四段接触，边缘地区则直接覆盖在阜三或阜二段之上。海安凹陷仅见三垛组与阜宁组接触。因此

在古大气水的长期渗入、交换下，造成坳陷周边及斜坡带、断阶带及凸起上地层水低矿化度的特征。而海安凹陷接近地表水，但凹陷内部的深凹带推测应为封闭的水文地质条件。

### 三、下第三系始—渐新统戴一段水文地质

高邮凹陷戴一段主要含水岩系是中上部高导泥岩内部及以下的一套湖相—三角洲相的砂岩，在凹陷内部埋深2500～3000米，北部斜坡带埋深1500～2500米，南部断阶带埋深1200～1500米左右。后生作用强烈，砂岩中灰质含量高，孔隙度低（10～18%）。因此富水性差，试水抽汲日产水大部分在30立方米以下。

戴一段是在吴堡运动之后，地层抬升，北东向断裂进一步发育形成一系列北东向箕状断陷湖盆。其中高邮凹陷沉降最大，沉积了一套三角洲相、近岸水下扇相的碎屑岩层。后期湖区扩大，沉积了一套以暗色泥岩为主的浅湖—较深湖相的地层。造成了良好的封闭条件，阻止了古大气水的进一步交换。加上后期的浓缩咸化形成延迟交换的高盐相水，矿化度在10000毫克／升以上，在富民地区可达34200毫克／升。但上部矿化度比下部平均升高20%，曹庄、永安地区升高近一倍。水型下部以$NaHCO_3$型为主及$Na_2SO_4$型，上部则变为$MgCl_2$、$CaCl_2$型及$Na_2SO_4$型为主。IBE值增大并出现正值，$HCO_3^-+CO_3^{2-}$浓度明显降低。说明古大气水的交换在减弱。但这种变化在凹陷西部不明显（见表2-7-4）。

表2-7-4　戴一段水化学性质变化统计表

| 地区 | 层位 | 矿化度(mg／l) | 苏林水型 | 奇氏水型 | $Cl^-/Na^+$ | IBE | 脱硫系数 | 当量百分数 | | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | $Cl^-$ | $SO_4^{2-}$ | $HCO_3^-+CO_3^{2-}$ | |
| 黄珏 | $Ed_1^上$ | 11006 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅳ | 0.77 | −0.979 | 11.77 | 38 | 4 | 8 | |
| | $Ed_1^下$ | 9794 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅳ | 0.88 | −0.813 | 1.48 | 43 | 1 | 8 | |
| 真武 | $Ed_1^上$ | 11907 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅳ | 0.72 | −0.864 | 21.56 | 35 | 7 | 8 | |
| | $Ed_1^下$ | 9713 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅳ | 0.70 | −0.911 | 23.51 | 34 | 5 | 11 | |
| 曹庄 | $Ed_1^上$ | 24490 | $Na_2SO_4$ | $Cl^-$—Ⅴ | 0.95 | −0.523 | 5.82 | 46 | 3 | 2 | |
| | $Ed_1^下$ | 13232 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅴ | 0.81 | −0.944 | 15.30 | 40 | 6 | 4 | |
| 富民 | $Ed_1^上$ | 30700 | $MgCl_2$ | $Cl^-$—Ⅴ | 1.01 | 0.01 | 6.5 | 46 | 3 | 1 | |
| | $Ed_1^下$ | 26247 | $Na_2SO_4$ | $Cl^-$—Ⅴ | 0.98 | −0.096 | 19.24 | 43 | 8 | 1 | |
| 联西 | $Ed_1^上$ | 12668 | $Na_2SO_4$ | $Cl^-$—Ⅴ | 0.99 | −0.046 | 19.11 | 38 | 7 | 4 | |
| | $Ed_1^下$ | 18246 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅴ | 0.87 | −0.704 | 13.25 | 41 | 5 | 3 | |
| 永安 | $Ed_1^上$ | 21896 | $Na_2SO_4$ | $Cl^-$—Ⅴ | 0.96 | −0.348 | 8.89 | 45 | 4 | 1 | |
| | $Ed_1^下$ | 12446 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅳ | 0.88 | −0.571 | 10.05 | 40 | 4 | 6 | |

高邮凹陷戴一段的沉积具多物源、多水流方向。主要有：北部柘垛水系，由北向南；西部天长水系，由西向东；此外还有江都凸起的水系，由南向北（图2-7-2a）。

因此处于主水流线上的马家嘴—黄珏地区，由于古地表水交换活跃，故矿化度较低，在11000毫克／升以下。向东逐渐升高，到富民、周庄一带达30000毫克／升以上，并由南向北增大。联盟庄东区由于受柘垛水系的影响，存在一个低值区。水型由西南到东北由$NaHCO_3$型过渡到$Na_2SO_4$型、$MgCl_2$、$CaCl_2$型。明显地分为三个区：真武—联盟庄西区以西及许庄断阶带为$NaHCO_3$型水区；以东到永安、富民庄、周庄为$Na_2SO_4$型水区；向北东谢家河、黄思一带为$MgCl_2+CaCl_2$型水区（图2–7–2b）。

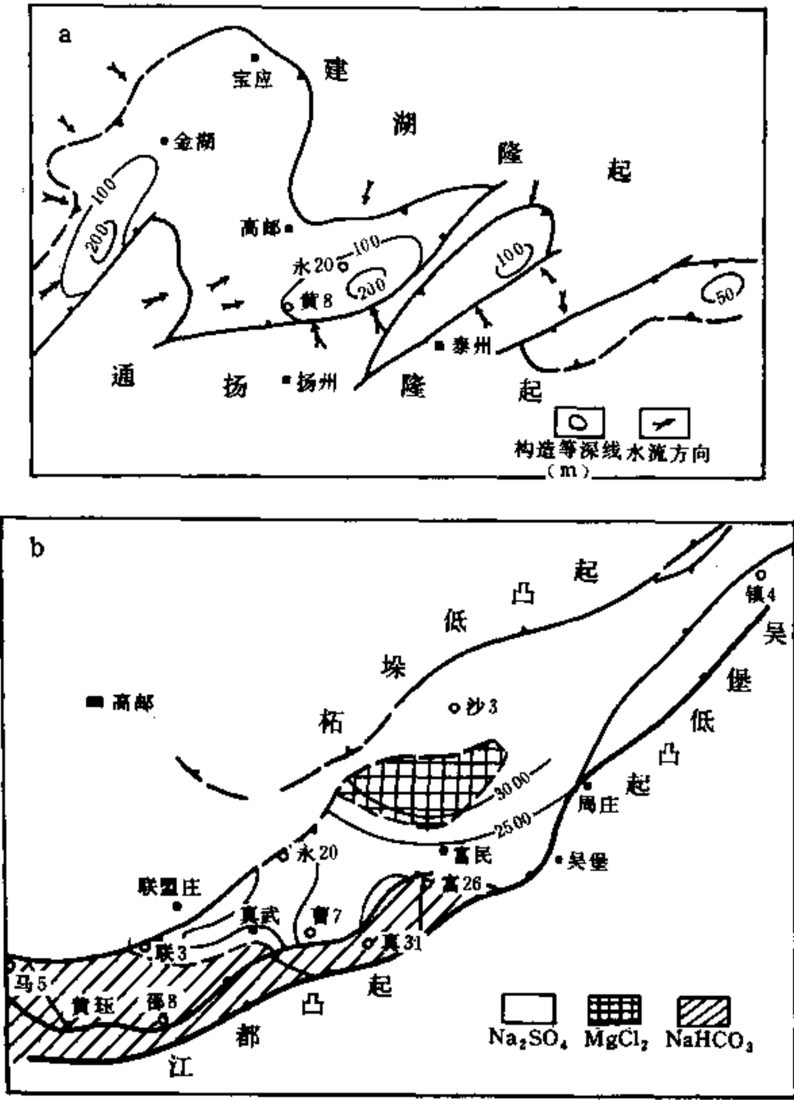



图2–7–2 戴一段水文地质图

a—东台坳陷戴一段水流方向图；

b—高邮凹陷戴一段矿化度等值线及水性分区图，等值线单位：毫克／升

主要阴离子顺序在西部为$Cl^->HCO_3^->SO_4^{2-}$，而东部则为$Cl^->SO_4^{2-}>HCO_3^-$。$Cl^-$，$HCO_3$以真武、曹庄之间为界，西部$Cl^-$浓度在140毫克当量／升以下，东部在300毫克当量／升以上。$HCO_3^-$浓度则东部比西部低近一倍（图2–7–3）。

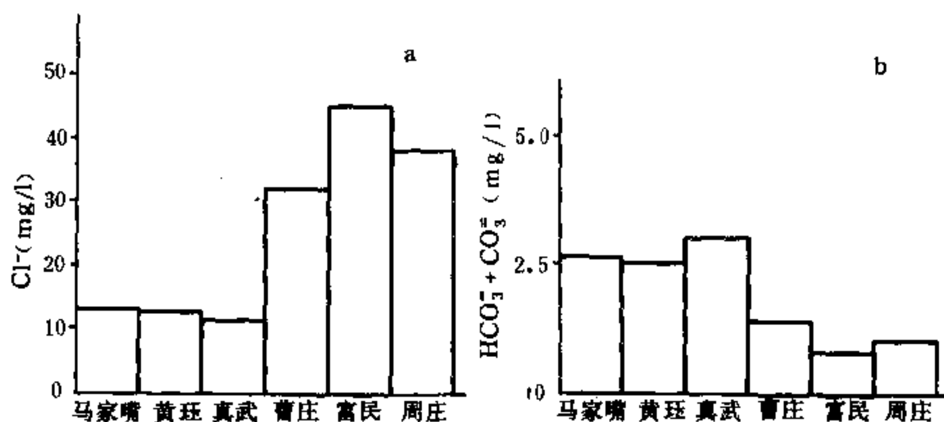



图 2-7-3　深凹带南部地层水离子浓度变化图

a—$Cl^-$浓度变化图；b—$HCO_3^-+CO_3^{2-}$浓度变化图

造成戴一段水性变化的主要因素是沉积时古水流的影响。其主要水流方向为由西向东，因此造成了西部延迟交换的水文地质条件向东变为停滞交换的水文地质条件。而东部富民—周庄一带还受来自南部的局部水流的影响，地层水矿化度由南向北增大，且水型由南向北由 $Na_2SO_4$ 型变为 $MgCl_2$ 和 $CaCl_2$ 型。

南部许庄断阶带由于埋藏浅，受断裂的影响，使得大气水容易顺裂隙向下渗滤，表现出低矿化度、$HCO_3^-$ 含量高的特征，具较活动交换的水文地质条件。而东部及凹陷中心由于埋藏深，泥岩厚度大，阻止了大气水的交换，处于封闭的条件，至今仍保留着原生水的性质。

**四、始—渐新统戴二段水文地质**

戴二段是在戴一段沉积的基础上经短暂的上升后沉积的。当时湖盆急剧缩小。纵向上形成粗—细—粗的三段性地层，代表着三角洲沉积向河流沉积转化的过程。

其富水岩系为三角洲相和河流相的砂岩。特别是上部河流相的厚层砂岩，孔隙度在20%以上。埋深在凹陷内为 2500 米，在斜坡带及断阶带小于 2000 米。砂岩厚度大，泥岩隔层薄。试水抽汲日产水 100～200 立方米。中部砂层较差，试水日产仅 10～50 立方米。而下部三角洲相的砂岩试水日产 100 立方米左右。

戴二段沉积时古水流方向与戴一段基本一致。只是西部天长水系加强，北部柘垛水系减弱，仅影响到联盟庄东区（图 2-7-4a）。

西部马家嘴—黄珏一带地层水矿化度在 11000 毫克／升以下，向北东逐渐升高，到富18 井高达 33525 毫克／升。南部许庄断阶带地层水矿化度亦在 11000 毫克／升以下，为一低矿化度带。深凹带北侧联盟庄东区，由于受柘垛水系的影响存在一个低矿化度带。苏林水型可分四个区（图 2-7-4b）：真武西南及许庄断阶带为 $NaHCO_3$ 型水区，曹庄—富民及以东为 $Na_2SO_4$ 型水区，联（盟庄）西区—永安、谢家河一带为 $CaCl_2$ 型水区，联东区存在一个小的 $NaHCO_3$ 型水区。

富含 $HCO_3^-+CO_3^{2-}$ 是大气水的特征，真武以西其浓度在15毫克当量／升以上，许庄断阶带则高达52毫克当量／升，而真武以东其浓度仅在10毫克当量／升以下，并向东逐渐减小（图2-7-5a），这说明古大气水的淋滤作用由西向东减弱。脱硫系数在真武以东 $Na_2SO_4$ 型水区内的高值表示处于干燥的氧化环境下，有利于地层水的浓缩。特别戴二段上部该区脱硫系数明显增高在15以上，矿化度亦明显增大。在许庄断阶带及西部马家嘴—黄珏地区其值低于5，则是由于大气水淋滤稀释的结果。而北斜坡联西区—永安、黄思 $CaCl_2$ 型水区内该值在8以下，则是在封闭条件下地层水变质形成的。

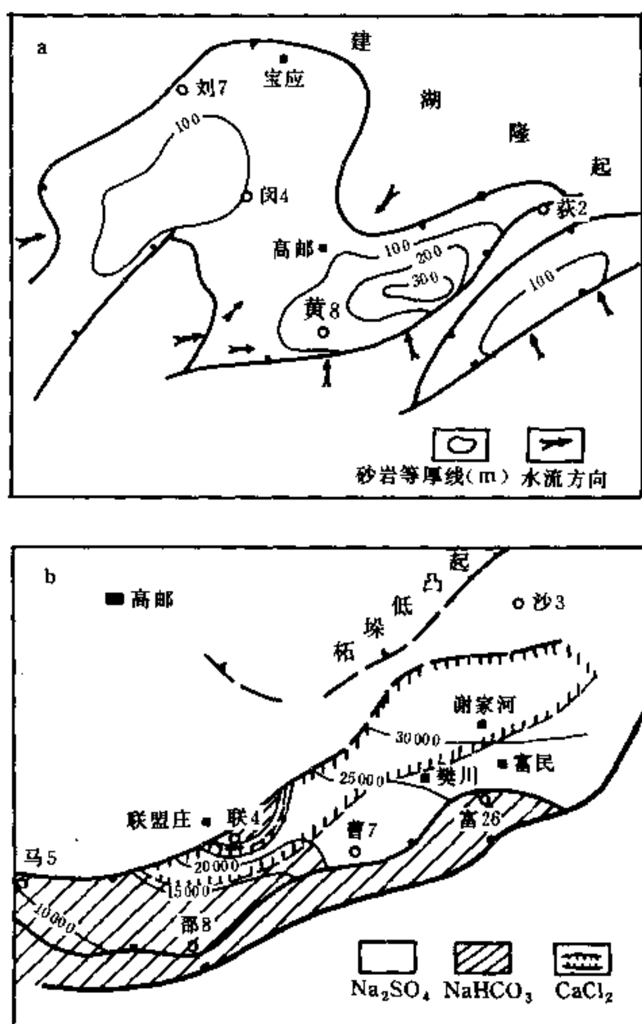



图2-7-4　戴二段水文地质图

a—戴二段古水流方向图；

b—戴二段矿化度等值线及水性分区图；

等值线单位：毫克／升

$(Na^++K^+)/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ 是地层水性的一个重要指标，该值在4以下为原生水的性质。该值越大则表明混入的大气水越多，即 $Ca^{2+}$、$Mg^{2+}$ 浓度减少。因为在封闭的条件下，地层水在后期变化主要是 $Cl^-$ 和碱土金属离子的富集。凹陷西部及许庄断阶带其值在40以上，而向东逐渐减小到富民地区为15.05，表明西部为较活动交换区，向东逐渐变为停滞交换的水文地质条件。而北斜坡联西区及永安地区该值接近4（图2-7-5b）。这两个地区的IBE值均为正值；$Cl^-/Na^+$ 均大于1。谢家河地区也接近这些指标。根据思乔勒水性分类认为：$(Na^++K^+)/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ 接近4，IBE值大于0.129，$Cl^-/Na^+$ 大于1.17为原生水。因此认为，除联西区受柘垛水系影响外，古地表水的淋滤未达北斜坡。该区基本处于停滞交换的水文地质条件，保留着原生水的性质。

总之，戴二段沉积时西部天长水系加强，向东流入高邮凹陷，它向东影响到真武地区，西部地区地表水淋滤作用强，并且埋藏浅，大气水交换活跃。许庄断阶带由于受断裂的影响，大气水顺裂隙向下交换。故表现出矿化度低，$HCO_3^-+CO_3^{2-}$ 浓度大的特点。东部古大气水交换弱，但处于氧化的干燥气候条件下，有利于地层水的浓缩，故表现出高矿化度，$SO_4^{2-}$ 浓度大的特点。北斜坡由于柘垛水系很弱，因此在深凹带北侧处于停滞交换的条件下，保留着原生水的性质。从而造成了地层水矿化度由南西向北东增大，并划分了四个水区。

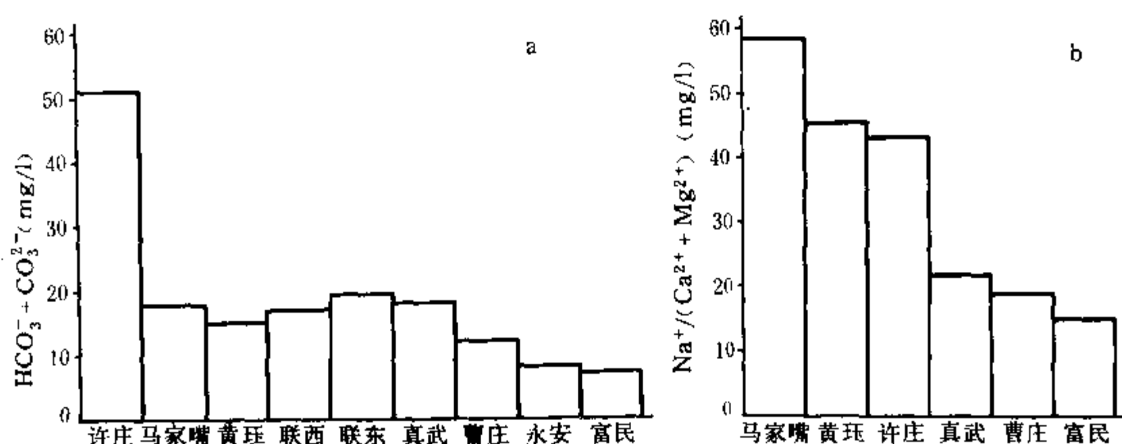


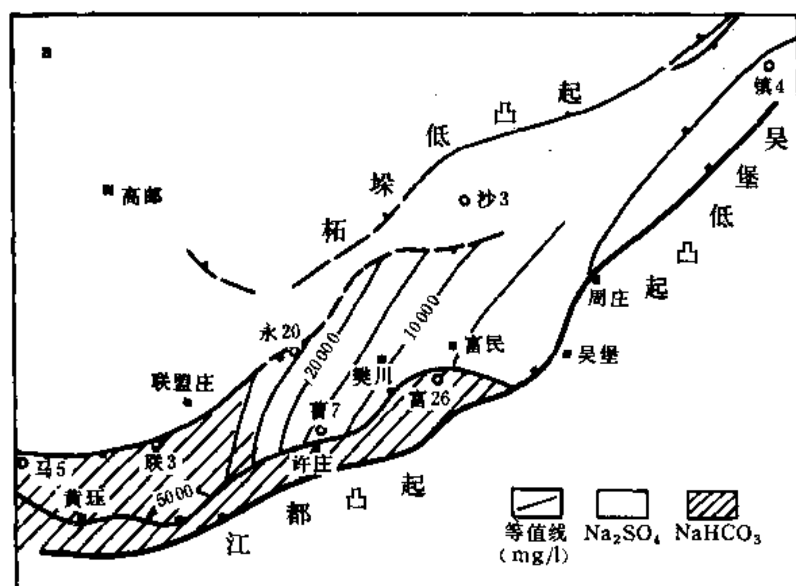

图 2-7-5 高邮凹陷戴二段地层水离子浓度变化图

a—$HCO_3^-+CO_3^{2-}$ 浓度变化图；b—$Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$变化图

**五、始一渐新统垛一段水文地质**

垛一段是在戴二段沉积的基础上继承性沉积的一套河流—三角洲相沉积，其富水岩系为厚层的砂岩，孔隙度高，具很高的产能，试水抽汲日产水 100 立方米以上，最高日产 500 立方米。

干燥的气候条件有利于地层水的浓缩，矿化度比下部戴二段高，真武以东地区在 16000 毫克／升以上，而西部及许庄断阶带则在 8000 毫克／升以下，邵伯地区仅 3569 毫克／升。水型分 $NaHCO_3$ 和 $Na_2SO_4$ 型水区（图 2-7-6a）。



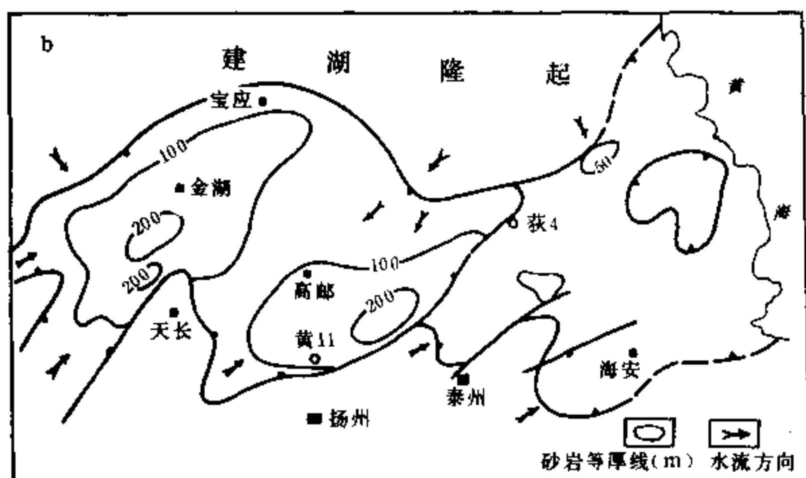



图 2-7-6 垛一段水文地质图

a—高邮凹陷垛一段矿化度等值线及水性分区图；

b—垛一段古水流方向图；等值线单位：毫克／升

在真武以西和真武—联西区及以东地区，地层水化学性质存在突变。表现为：$Cl^-$东部富集，浓度在280毫克当量／升以上，西部在120毫克当量／升以下；脱硫系数西部为1.31～0,而东部在6以上;$HCO_3^-+CO_3^{2-}$西部富集,当量百分数在10左右,而东部很少或不含(表2-7-5)。造成这种变化的原因:其一是垛一段沉积时期西部天长水系减弱,仅达邵伯—联盟庄以西。而柘垛水系大大加强，整个东部地区主要在该水系的影响下，由北西向南东流入凹陷，如富民地区到南侧的徐家庄砂岩厚度明显减小，说明其物源方向主要来自北方（图2-7-6b）。

处于柘垛水系主流线上的联盟庄地区，由于古地表水的长期淋滤，其地层水矿化度仅7800毫克／升。向南东方向增大。到周庄地区高达40000毫克／升。IBE值在北斜坡为−0.700左右，向南逐渐增大到−0.350。上述资料均表明古大气水的淋滤作用由北西向南东减弱。

第二是西部马家嘴—邵伯一带及许庄断阶带上，由于埋藏浅（1000米左右），断层发育，因此水动力交换活跃。并且南部为低矿化度的江都凸起，使潜水向北渗流，从而使地层水淡化。造成这两个带矿化度低（仅6000毫克／升左右），$HCO_3^-$富集的特征。

第三由于垛一段沉积时处在干燥的氧化环境下，脱硫作用不明显，因此东部$Na_2SO_4$型水区中，同沉积的地层水在封闭的水文地质条件下，被浓缩且使$SO_4^{2-}$浓度相对增加，并具高矿化度的特征。

**六、始—渐新统垛二段水化学性质**

垛二段仅在永安与周庄地区有水化学资料，这里根据这两个地区的资料对高邮凹陷的水文地质条件作一推测。

垛二段的沉积特征与垛一段相似，为河流相的砂岩夹泥岩地层，只是气候更加干燥。由于垛二段沉积之后的三垛运动使地层上升遭受剥蚀，形成一个风化带，并且断层剧烈活动，其上沉积的上第三系盐城组成岩作用差，地层水具地表水的性质，因此造成盐城组的淡水向

下渗滤，使得地层水的化学性质随深度增加发生明显地变化（表 2-7-6）：矿化度增大，$Cl^-$富集，$HCO_3^-$减少，$SO_4^{2-}$增加，奇氏水型由 $Cl^-$—Ⅲ变为 $Cl^-$—Ⅴ，表明大气水的交换逐渐向下减弱。其影响深度约 200 米。

垛二段沉积时的主要水系是柘垛水系，由北向南流入凹陷，因此地表水的渗滤作用由北向南减弱。地层水矿化度在北斜坡永安地区为 11000 毫克／升左右，到周庄地区增大到 21748 毫克／升，水型由 $NaHCO_3$ 型变为 $Na_2SO_4$ 型。IBE 值，$Cl^-/Na^+$增大，与垛一段的变化趋势差不多。

由于埋藏浅（周庄埋深 1200 米左右，永安地区埋深不到 1000 米），故地层水矿化度比垛一段低得多。凹陷的西部及南部断阶带埋深不到 1000 米，推测矿化度会更低。

**表 2-7-5　垛一段水性变化表**

| 地区 | 矿化度 (mg/l) | 苏林水型 | 主要离子当量百分数 | | | | | | $Cl^-/Na^+$ | IBE | 脱硫系数 | $Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $Na^+$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Cl^-$ | $SO_4^{2-}$ | $HCO_3^-+CO_3^{2-}$ | | | | |
| 马家嘴 | 5982 | $NaHCO_3$ | 49 | 1 | 1 | 37 | 5 | 8 | 0.76 | −0.982 | 14.33 | 37.01 |
| 黄珏 | 6453 | $NaHCO_3$ | 49 | 1 | 0 | 39 | 0 | 10 | 0.77 | −0.217 | 0.59 | 40.65 |
| 邵-2 | 3569 | $NaHCO_3$ | 50 | 0 | 0 | 37 | 0 | 13 | 0.74 | −1.139 | 0 | 110.78 |
| 许庄 | 8021 | $NaHCO_3$ | 48 | 1 | 0 | 40 | 0 | 11 | 0.86 | −0.717 | 0.91 | 54.11 |
| 联东区 | 7846 | $Na_2SO_4$ | 45 | 2 | 2 | 33 | 15 | 2 | 0.72 | −0.732 | 45.96 | 9.63 |
| 真武 | 16147 | $Na_2SO_4$ | 48 | 1 | 1 | 48 | 1 | 1 | 0.99 | −0.246 | 1.31 | 28.7 |
| 永安 | 19876 | $Na_2SO_4$ | 48 | 1 | 1 | 46 | 4 | 0 | 0.93 | −0.678 | 7.58 | 29.91 |
| 曹庄 | 29695 | $Na_2SO_4$ | 47 | 3 | 1 | 46 | 4 | 0 | 0.98 | −0.201 | 7.94 | 14.22 |
| 富民 | 28472 | $Na_2SO_4$ | 47 | 2 | 1 | 46 | 4 | 1 | 0.97 | −0.320 | 7.78 | 16.57 |
| 周庄 | 39826 | $Na_2SO_4$ | 48 | 2 | 0 | 47 | 3 | 0 | 0.98 | −0.350 | 5.80 | 23.11 |

**表 2-7-6　高邮凹陷垛二段水性变化表**

| 地区 | 距顶 (m) | 矿化度 (mg/l) | 苏林水型 | 奇氏水型 | 阴离子当量百分数 | | | $Cl^-/Na^+$ | IBE | 脱硫系数 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $Cl^-$ | $SO_4^{2-}$ | $HCO_3^-+CO_3^{2-}$ | | | |
| 永安 | 6.4 | 4787 | $NaHCO_3$ | Cl —Ⅲ | 31 | 0 | 18 | 0.63 | −1.052 | 0 |
| | 63.8 | 4882 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅲ | 33 | 0 | 17 | 0.66 | −1.06 | 0 |
| | 93.2 | 5299 | $NaHCO_3$ | $Cl^-$—Ⅲ | 30 | 0 | 20 | 0.60 | −1.094 | 0 |
| | 200.4 | 11528 | $NaHCO_3$ | Cl —Ⅴ | 42 | 5 | 3 | 0.86 | −0.879 | 11.12 |
| 周庄 | 156.0 | 12839 | $Na_2SO_4$ | $Cl^-$—Ⅴ | 44 | 5 | 1 | 0.90 | −0.817 | 11.51 |
| | 212.0 | 21748 | $Na_2SO_4$ | $Cl^-$—Ⅴ | 46 | 3 | 1 | 0.95 | −0.556 | 6.54 |

## 第三节　水化学性质和油气藏的关系

根据国内外资料统计，油田水的绝大多数为 $CaCl_2$ 型水和高矿化度的 $NaHCO_3$ 型水。而 $Na_2SO_4$ 型水因处在氧化环境下不利油气的保存，因此很少为油田水。并且油田水一般具有脱硫系数（$SO_4^{2-}/Cl^- \times 100$）小于 17；IBE（基础交换指标）多为正值，一般大于 0.129；而 $\sqrt[3]{\left(HCO_3^- + CO_3^{2-}\right)(Ca^{2+})} \gg 7$ 等特征。

按上述指标，高邮凹陷油田水[1]的化学性质与之对比相差甚远。根据各油田有代表性的油层水统计，$NaHCO_3$ 型水占一半以上（52%），主要集中在凹陷西部真武以西及许庄断阶带上，表现低矿化度的特征，大部分（68.2%）在 15000 毫克／升以下。$Na_2SO_4$ 型水占 36%，主要集中在曹庄以东的地区，再向东所占的比例逐渐增大，到周庄地区全部油层水均为 $Na_2SO_4$ 型，并表现出高矿化度的特征，全部在 15000 毫克／升以上。而 $CaCl_2$+$MgCl_2$ 型水仅占 12%，只在联盟庄、富民地区所占的比例稍高，矿化度处于 $NaHCO_3$ 型和 $Na_2SO_4$ 型油层水之间，有 83%在 15000 毫克／升以上（见表 2-7-7，2-7-8）。

**表 2-7-7　油层水水型、矿化度分布百分比统计表**

| 水型／矿化度／统计／地区 | $NaHCO_3$ | | | | | | $Na_2SO_4$ | | | | | | $CaCl_2$+$MgCl_2$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ≤15000 (mg／l) | | 15000～20000 (mg／l) | | ≥20000 (mg／l) | | ≤15000 (mg／l) | | 15000～20000 (mg／l) | | ≥20000 (mg／l) | | ≤15000 (mg／l) | | 15000～20000 (mg／l) | | ≥20000 (mg／l) | |
| | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % |
| 许庄 | 8 | 88.9 | 1 | 11.1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 黄珏 | 3 | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 真武 | 15 | 60 | 9 | 36 | 1 | 4 | | | 8 | 100 | | | | | 2 | 50 | 2 | 50 |
| 曹庄 | 1 | 25 | 1 | 25 | 2 | 50 | | | | | 10 | 100 | | | 1 | 100 | | |
| 富民 | | | | | | | | | | | 11 | 100 | 1 | 20 | | | 4 | 80 |
| 周庄 | | | | | | | | | | | 3 | 100 | | | | | | |
| 联盟庄 | 5 | 83.5 | 1 | 16.7 | | | | | 1 | 50 | 1 | 50 | 1 | 50 | | | 1 | 50 |
| 永安 | 3 | 75 | | | 1 | 25 | | | | | 2 | 100 | | | | | | |
| 全凹陷 | 35 | 68.6 | 12 | 23.5 | 4 | 7.9 | | | 9 | 25 | 27 | 75 | 2 | 16.4 | 3 | 25 | 7 | 58.3 |

[1] 指试油时在油层中和油水同层中所取水样。

表 2-7-8　油层水层系、水型分布百分比统计表

| 地区 \ 统计 \ 水型 \ 层系 | 戴南组 | | | | | | 三垛组 | | | | | | 中—古生代—第三系 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NaHCO_3$ | | $Na_2SO_4$ | | $CaCl_2+MgCl_2$ | | $NaHCO_3$ | | $Na_2SO_4$ | | $CaCl_2+MgCl_2$ | | $NaHCO_3$ | | $Na_2SO_4$ | | $CaCl_2+MgCl_2$ | |
| | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % |
| 许庄 | 3 | 100 | | | | | 1 | 100 | | | | | 10 | 100 | | | | |
| 黄珏 | 1 | 100 | | | | | 2 | 100 | | | | | 3 | 100 | | | | |
| 真武 | 21 | 78.6 | 6 | 21.4 | | | 5 | 55.5 | 2 | 22.2 | 2 | 22.2 | 26 | 68.4 | 8 | 21.1 | 4 | 10.5 |
| 曹庄 | 4 | 30.8 | 8 | 61.5 | 1 | 7.7 | | | 2 | 100 | | | 4 | 26.7 | 10 | 66.7 | 1 | 6.7 |
| 富民 | | | 5 | 55.6 | 4 | 44.4 | | | 6 | 83.3 | 1 | 16.7 | | | 11 | 66.7 | 5 | 33.3 |
| 周庄 | | | 3 | 100 | | | | | | | | | | | 3 | 100 | | |
| 联盟庄 | 5 | 55.5 | 2 | 22.2 | 2 | 22.2 | | | | | | | 5 | 55.6 | 2 | 22.2 | 2 | 22.2 |
| 永安 | 2 | 50 | 2 | 50 | | | 1 | 100 | | | | | 4 | 66.7 | 2 | 33.3 | | |
| 全凹陷 | 36 | 52.2 | 26 | 37.7 | 7 | 10.1 | 9 | 40.9 | 10 | 45.5 | 3 | 13.6 | 52 | 52 | 36 | 36 | 12 | 12 |

在 176 个水样统计中，$Na_2SO_4$ 型水中油层水所占的比例最高，为 69.8%；其次是 $CaCl_2+MgCl_2$ 型水，占 57.1%；而 $NaHCO_3$ 型水中的油层水占 52.7%。也就是说，$Na_2SO_4$ 型水与油气藏的关系最密切（表 2-7-9）。

表 2-7-9　油层水按水型所占地层水百分比统计表

| 地区 | $NaHCO_3$ | | | $Na_2SO_4$ | | | $CaCl_2+MgCl_2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 统计数(个) | 油层水(个) | % | 统计数(个) | 油层水(个) | % | 统计数(个) | 油层水(个) | % |
| 许庄 | 21 | 10 | 47.6 | | | | 1 | 0 | 0 |
| 黄珏 | 14 | 4 | 28.6 | | | | 1 | 0 | 0 |
| 真武 | 42 | 26 | 61.9 | 10 | 8 | 80 | 6 | 4 | 66.7 |
| 曹庄 | 10 | 10 | 100 | 4 | 4 | 100 | 1 | 1 | 100 |
| 富民 | 2 | 0 | 0 | 13 | 11 | 84.6 | 7 | 5 | 71.4 |
| 周庄 | | | | 7 | 3 | 42.9 | | | |
| 马家嘴 | 8 | 0 | 0 | | | | 2 | 0 | 0 |
| 联盟庄 | 7 | 5 | 71.4 | 3 | 2 | 66.7 | 2 | 2 | 100 |
| 永安 | 7 | 4 | 57.1 | 5 | 2 | 40 | 1 | 0 | 0 |
| 其它 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |
| 全凹陷 | 112 | 59 | 52.7 | 43 | 30 | 69.8 | 21 | 12 | 57.1 |

在油气向上运移中，对不具开启条件的地层水活跃地带，象凹陷西部的 $NaHCO_3$ 型水区及 $Na_2SO_4$ 型水区，氧化作用占主要因素，因此纵向上原油粘度、相对密度自下而上增大；天然气的相对密度增大，甲烷含量降低。处于北东地区的 $CaCl_2+MgCl_2$ 型水区的谢家河构造及以北的地区，则由于处于封闭状态，地层水具有原生水的性质，故在纵向上自下而上原油粘度、相对密度逐渐变小，而天然气的相对密度逐渐增加，甲烷含量降低（见表2-7-10）。

**表 2-7-10　原油、天然气物理性质随层系变化表**

| 地区 | 层系 | 原油 | | | 天然气 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 相对密度($d_{20}^{4}$) | 粘度(mPa · s) | 含蜡(%) | 相对密度 | 甲烷(%) |
| 真武 | $Es_1$ | 0.8426 | 12.73 | 29.79 | 0.8959 | 59.87 |
| | $Ed_2$ | 0.8383 | 14.01 | 30.87 | 0.7819 | 69.53 |
| | $Ed_1$ | 0.8281 | 11.87 | 34.51 | 0.7196 | 79.55 |
| 谢家河 | $Es_1$ | 0.8190 | 6.38 | 23.66 | 0.8746 | 70.63 |
| | $Ed_2$ | 0.8244 | 8.9 | 37.73 | 0.8535 | 62.13 |
| | $Ed_1$ | 0.8328 | 14.64 | 39.71 | 0.8146 | 70.97 |
| 黄珏 | $Es_1$ | 0.9100 | 62.49 | | 0.5914 | 94.25 |
| | $Ed_2$ | 0.8456 | 19.82 | 28.66 | 0.8159 | 67.27 |
| | $Ed_1$ | 0.8418 | 13.62 | | 0.7228 | 86.22 |
| 永安 | $Es_2$ | 0.8779 | 27.41 | | 1.1065 | 1.22 |
| | $Es_1$ | 0.8428 | 13.15 | 31.68 | | |
| | $Ed_2$ | 0.8389 | 17.39 | | | |
| | $Ed_1$ | 0.8086 | 6.55 | 32.51 | 0.8491 | 61.59 |

油气聚集系数[$SO_4^{2-}$ /($HCO_3^-+CO_3^{2-}$)]：一般认为小于 2.4 为油气运移区，2.4～7.4 为油气聚集区，大于 7.4 为无油区。据高邮凹陷油层水的统计，小于 2.4 的占 60%，2.4～7.4 之间的占 28%（表 2-7-11）。

高邮凹陷油层水之所以与国内外一些油田的统计规律不同。其主要原因在于：

1）目前所发现的三套主要含油层系，即戴南组一、二段及三垛组一段沉积时，气候条件由潮湿逐渐变为干燥。因此在氧化环境下，地层水被浓缩，矿化度升高，并且出现自生的石膏、重晶石矿物，使地层水中 $SO_4^{2-}$ 浓度增大。因此凹陷东部以 $Na_2SO_4$ 型水为主，脱硫系数表现高值。

2）西部及许庄断阶带上，油层水具低矿化度、富含 $HCO_3^-+CO_3^{2-}$ 的特征，水型为 $NaHCO_3$，并且 $SO_4^{2-}$ 浓度低。这是由于地表水长期淋滤冲洗的结果。在许庄、真武及黄珏

地区，发现在有的油藏周围存在着矿化度向水区方向变小，原油相对密度、粘度增大的现象。而东部 $Na_2SO_4$ 型水区中则没有发现这种情况。说明凹陷西部及许庄断阶带这一 $NaHCO_3$ 型水区中，水动力条件活跃。

**表 2-7-11　油气聚集系数分层系统计表**

| 地层 / 聚集系数统计 / 地区 | 戴南组 | | | | | | 三垛组 | | | | | | 戴南、三垛、阜宁 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | <2.4 | | 2.4～7.4 | | >7.4 | | <2.4 | | 2.4～7.4 | | >7.4 | | <2.4 | | 2.4～7.4 | | >7.4 | |
| | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % | 个数 | % |
| 许庄 | 3 | 100 | | | | | 1 | 100 | | | | | 10 | 100 | | | | |
| 黄珏 | 1 | 100 | | | | | 2 | 100 | | | | | 3 | 100 | | | | |
| 真武 | 17 | 63 | 7 | 25.9 | 3 | 11.1 | 9 | 100 | | | | | 27 | 71.1 | 7 | 18.4 | 4 | 10.5 |
| 曹庄 | 9 | 69.2 | 4 | 30.8 | | | | | 1 | 50 | 1 | 50 | 9 | 60 | 5 | 33.5 | 1 | 6.7 |
| 富民 | 3 | | 4 | | 2 | | 1 | 14.3 | 5 | 71.4 | 1 | 14.3 | 4 | 25 | 9 | 56.2 | 3 | 18.8 |
| 周庄 | | | 3 | 100 | | | | | | | | | | | 3 | 100 | | |
| 联盟庄 | 7 | 77.8 | 2 | 22.2 | | | | | | | | | 7 | 77.8 | 2 | 22.2 | | |
| 永安 | 2 | 50 | 2 | 50 | | | 1 | 100 | | | | | 4 | 66.7 | 2 | 33.3 | | |
| 全凹陷 | 42 | 60.9 | 22 | 31.9 | 5 | 7.2 | 14 | 63.6 | 6 | 27.3 | 2 | 9.1 | 64 | 64 | 28 | 28 | 8 | 8 |

总之，高邮凹陷地层水化学性质与油藏的关系是：在低矿化度的 $NaHCO_3$ 水区中，不含 $SO_4^{2-}$ 或 $SO_4^{2-}$ 浓度很低（一般毫克当量百分数不超过 1）；在 $Na_2SO_4$ 型水区内，高矿化度（一般在 20000 毫克／升以上）是油层水的特征。而在凹陷东北部 $CaCl_2+MgCl_2$ 水区内，因勘探程度低不易统计，但对油气保存有利是无可置疑的，该区内自下而上原油的相对密度和粘度减小，天然气的相对密度增大，甲烷含量降低，而 $NaHCO_3$ 及 $Na_2SO_4$ 水区中由于处在氧化条件下故发生相反的变化。

油田水还具有脱硫系数小于 17；IBE 值大于−1.0，$\sqrt[3]{\left(HCO_3^- + CO_3^{2-}\right)(Ca^{2+})}$ 大于 7，变质系数大于 0.5 及油气聚集系数小于 7.4 的特征。

在低矿化度的 $NaHCO_3$ 型水区内的油藏周围具有矿化度向水区方向变低，原油相对密度、粘度增大的特点。

## 第四节 水动力对油气聚集的影响

据现有资料分析，凹陷内部主要生油岩阜二段、阜四段应在戴二段及三垛组沉积时成熟。特别是三垛组沉积末期的一次大的构造运动是油气发生二次运移的主要时期。在油气二次运移和聚集过程中水动力起着主导作用。

**一、高邮凹陷北部原生水地区有利于聚集和保存潜山油气藏**

中—古生界仅在真43井奥陶系石灰岩中试获1.7吨／日的低产油流外，目前还没有大的突破。在高邮凹陷及附近的低凸起上钻达中一古生界的井，大部分见到油气显示。据地层水化学性质分析，除许庄地区外，地层水矿化度均在30000毫克／升以上，最高达80000~100000毫克／升，并且绝大部分为$CaCl_2$型水。各项指标都说明具原生水的性质，对油气的聚集和保存是有利的。特别是厚约200米的古风化壳上，渗透性好，产能高，是有利的储集层。

地层水矿化度明显地由南向北升高、IBE值亦由南向北增大，说明南部的江都凸起是供水区，向北泄流。在水动力作用下，油气应由南向北运移，特别是顺古风化壳上的高渗透带作长途运移。因此在高邮凹陷北侧和柘垛低凸起上可望找到中—古生界潜山油气藏。许庄断阶带由于近油源、埋藏又浅，亦可作为油气聚集的场所。

**二、凹陷的北东部是戴南组水动力运移的指向区，有利于油气的聚集**

戴南组含油层系有戴一段和戴二段两套。油藏分布最广泛。高邮凹陷内已勘探的地区几乎都有油气显示。戴南组已获得的地质储量占盆地现有储量的三分之二。

上文提到，高邮凹陷地层水矿化度由南西向北东方向增大。并且西部及许庄断阶带为$NaHCO_3$型水区，东部为$Na_2SO_4$型水区，北东部为$CaCl_2+MgCl_2$型水区。因此可以认为戴南组的供水区为江都凸起的西部，由南西向北东方向渗流。而东部又无明显地泄水区。因此有的资料上把凹陷西部黄珏—邵伯低矿化度的$NaHCO_3$型水区叫水洗区；凹陷中部高矿化度的$Na_2SO_4$型水区叫混合区；联盟庄—谢家河北东地区的$CaCl_2+MgCl_2$型水区叫原生水区，也是很有道理的。因此凹陷北部斜坡及富民东部对油气保存是有利的。

作为油气运移的动力主要有油气自身的浮力，使油气由低部位向高部位运移，但作为油气横向运移的主要动力是水动力的作用，并在有利的圈闭条件下聚集起来。因此戴南组油气运移的方向应是东或北东向，然后在水动力平衡的圈闭中聚集起来。

戴南组原油的相对密度由南西向北东减小，在凹陷西部为0.83～0.84，而在北部永安—谢家河及以北地区则在0.80～0.82左右。原油粘度则由南向北变小，凹陷南侧在12毫帕秒以上，而北侧则在6毫帕秒以下（图2-7-7、图2-7-8a）。

这种变化与地层水的流动方向基本一致，说明油气运移方向是由南向北。因此戴南组油气运移的指向地区应是北斜坡带及富民以东的地区。而真武、曹庄及富民、周庄地区的油气则分别来自邵伯、樊川、刘五舍深凹。而位于深凹西部的马家嘴、黄珏及邵伯地区，油气就不如东部真武、曹庄、富民地区丰富。

而天然气的物理、化学性质的变化就比较复杂。当非烃成分低于3%时，天然气相对密度的大小取决于甲烷的含量。高邮凹陷气藏气及气顶气的甲烷含量在80%以上，相对密度则在0.65以下。而伴生气中甲烷含量多在58%左右，相对密度一般在0.75以上。天然气的运移方式中，游离气则主要靠浮力作用顺渗透层向上倾方向运移，水动力作用不明显。而伴

生气则随油一起运移，主要受水动力作用的影响。一般沿运移方向应该是甲烷含量降低、相对密度升高。

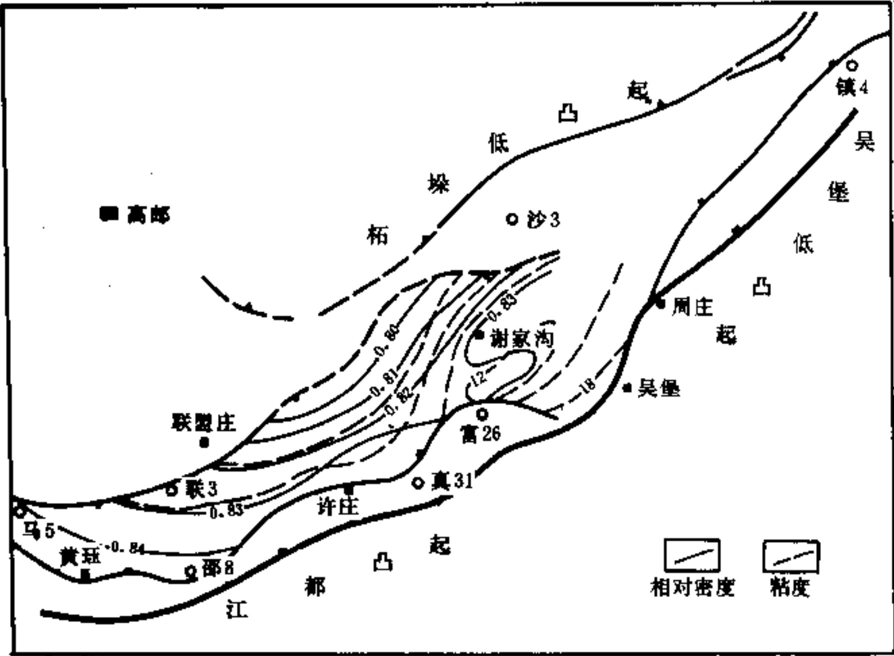



图 2-7-7　高邮凹陷戴一段原油相对密度、粘度等值线图

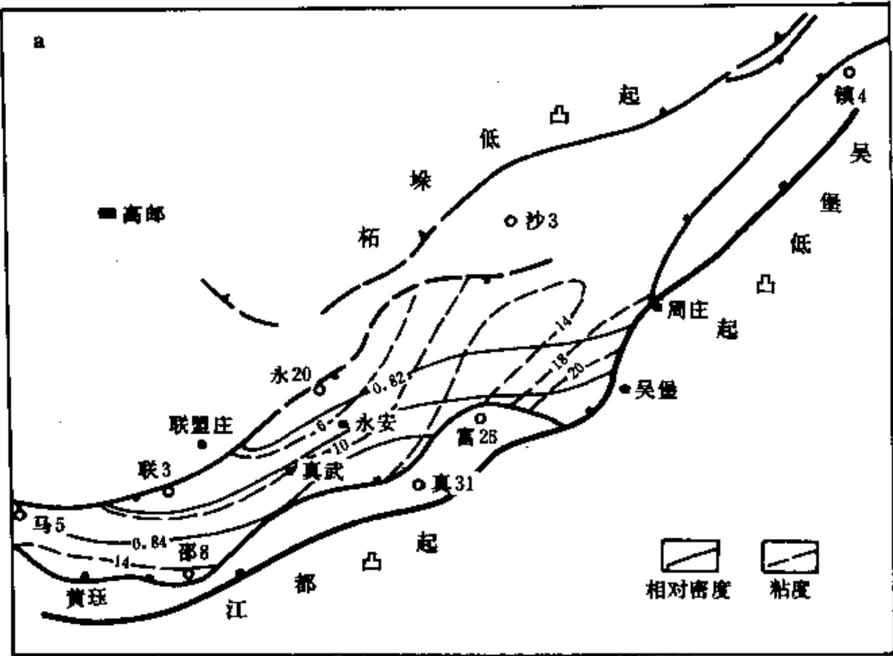



图 2-7-8

图 2-7-8　高邮凹陷戴二段原油及天然气性质变化图

a—原油相对密度、粘度等值线图；b—天然气相对密度、甲烷含量等值线图

戴二段天然气的相对密度由南向北明显地升高，甲烷含量降低（图 2-7-8b），而戴一段由于有的地区有气藏气及气顶气，故显得变化复杂，并且甲烷含量出现相反的变化（图 2-7-9）。

油气聚集系数是一项重要的统计指标。它一般把地层水分成三部分，小于 2.4 的为油气运移区；2.4～7.4 为油气聚集区；大于 7.4 为无油区。由于高邮凹陷戴南组地层水的化学性质东西变化大，西部 $HCO_3^-+CO_3^{2-}$ 浓度高，而东部 $SO_4^{2-}$ 浓度大，使该指标受到影响，但仍不失为一项有用的指标。

从表 2-7-11 中可以看出，戴南组的油层水聚集系数小于 2.4 的占 60.9%，31.9%的在 2.4～7.4 之间，也就是说大部分油层水处于油气运移区内。并且在凹陷西部及许庄断阶带全部油层水的聚集系数小于 2.4；到北东部永安—富民地区则大部分在 2.4～7.4 区间内，东部周庄地区则 100%地处于该区间之中。可以认为高邮凹陷西部处于油气运移区，东部及北部为油气聚集区。

但是高邮凹陷戴南组已探明的地质储量有 77.3%集中在凹陷南侧，深凹带北侧及北斜坡仅占 22.7%，有的地区甚至还没有突破出油关。造成这种现象的原因一方面是北斜坡距油源远，地层的圈闭条件不如南侧。南侧紧邻深凹，长期发育的同生断层可以作为油气运移的通道，后期又可作为地层上倾方向上的遮挡而形成圈闭。但主要是由于北部勘探程度低。近来已在北斜坡沙埝，卸甲庄发现戴南组的油层即为证明。

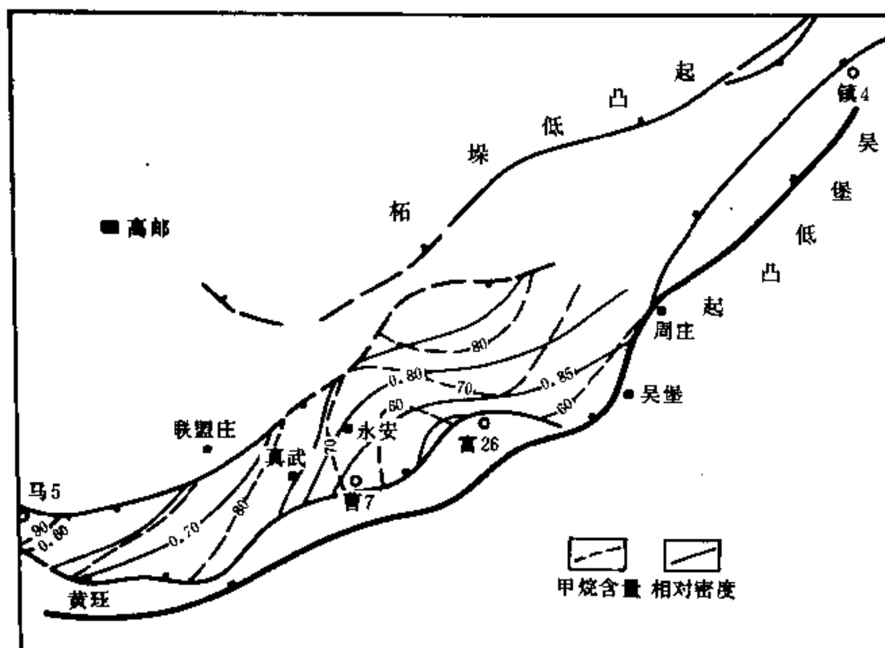


图 2-7-9 高邮凹陷戴一段天然气相对密度、甲烷含量等值线图

## 三、三垛组一段水动力运动方向为南东，真武—富民及以东地区为油气聚集的有利地区

垛一段沉积时主要古水流方向是北部柘垛水系，由北向南东流入凹陷。矿化度由北西向南东升高。因此油气在水动力作用下应向南东方向运移。

作为油气向南东方向运移的证据还有原油相对密度的变化，在西部马家嘴地区原油相对密度在 0.9 以上，到曹庄、富民地区则在 0.82 以下；原油粘度在 60 毫帕秒以上向南东逐渐减小，到曹庄、富民地区仅在 8.0 毫帕秒左右（图 2-7-10a）。而天然气相对密度则由南西向北东方向增大，甲烷含量降低（图 2-7-10b）。

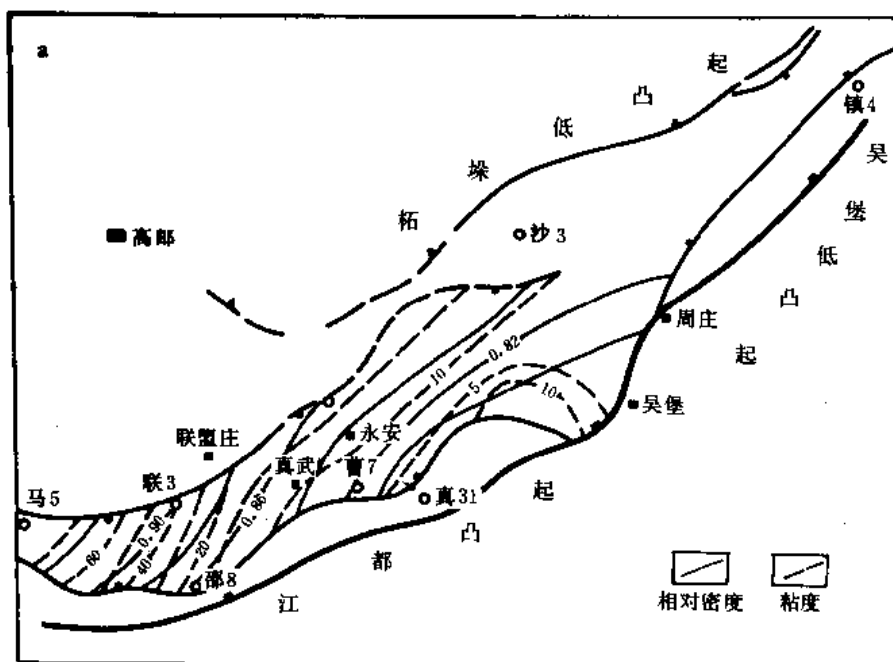


图 2-7-10

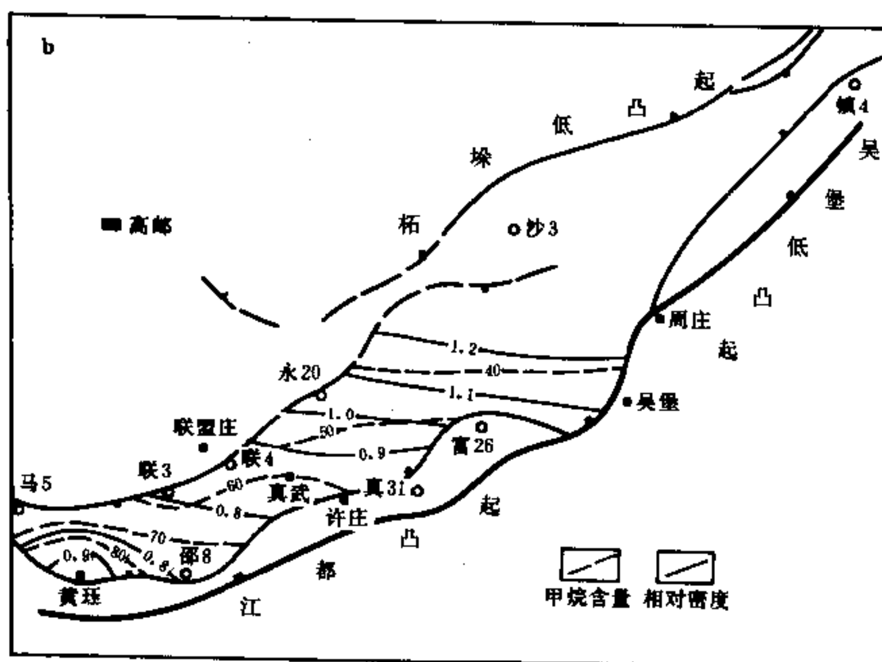



图 2-7-10　高邮凹陷垛一段原油及天然气性质图

a—原油相对密度、粘度等值线图；b—天然气相对密度、甲烷含量等值线图

上述资料说明油气运移的指向地区是凹陷南侧和东部地区。目前已在真武、曹庄、富民及黄珏地区找到丰富的垛一段油藏。而东部周庄及以东地区则没有发现垛一段油气，这是由于垛一段缺乏区域性盖层，并远离油源所致。但只要有好的遮挡条件，将会找到油气藏和高产富集块。

# 第八章　盆地分区石油地质条件概述

## 第一节　高 邮 凹 陷

高邮凹陷位于东台坳陷中部（图 2-8-1），南以大断层与通扬隆起和吴堡低凸起相邻，北以平缓的斜坡与柘垛低凸起相接，西以柳堡和菱塘桥二低凸起间的鞍部与金湖凹陷相通，东邻白驹凹陷，面积 2670 平方公里。是苏北盆地中近期勘探程度较高，发现油气田较多的一个凹陷。凹陷内沉积岩系发育，生油环境较好，油气藏类型多，富集程度高，是一个勘探上具有广阔前景的含油气区之一。❶❷

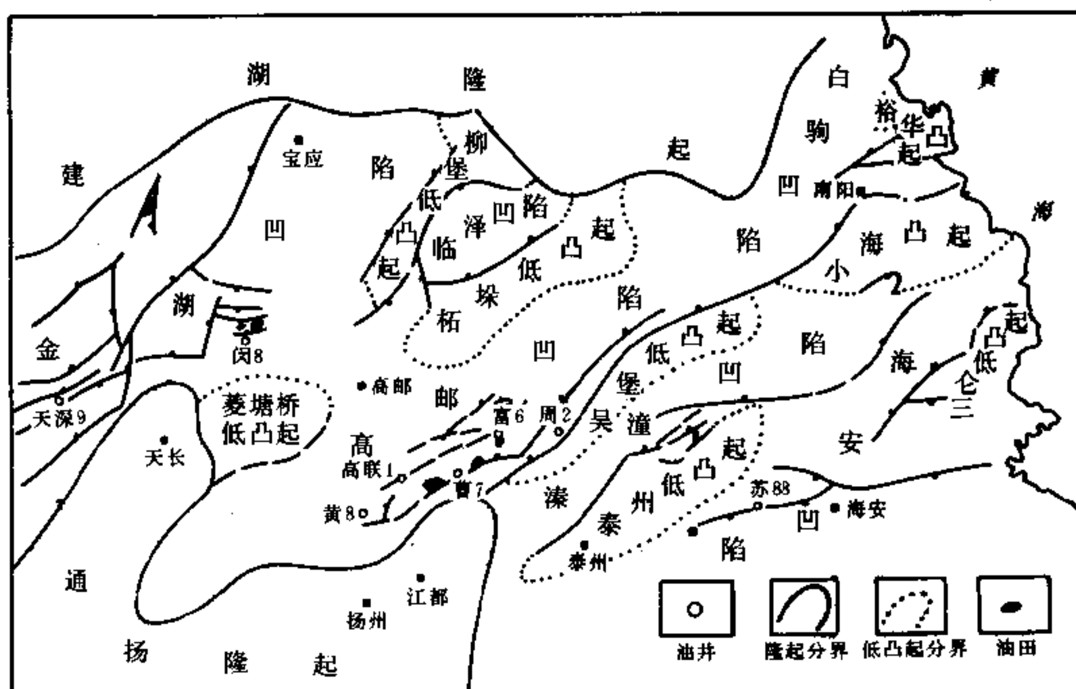



图 2-8-1　东台坳陷油气田分布图

该凹陷自 1958 年华东石油勘探局在阜宁凹陷的阜基井发现了阜宁组生油层后，为选择不同背景的重力高带，1959 年在高邮凹陷南侧的博镇重力高及北斜坡的三垛重力高进行钻探，首次在垛 5 井三垛组下部见到油砂，故认为第三系生储油岩系是高邮凹陷的主要勘探对象。1975 年 5 月，石油工业部在江苏加速了石油勘探开发工作，前期主要在真武、永安、富民等构造进行详探和试采。1977 年下半年，逐步转入以勘探古生界古潜山油气藏为主，兼探第三系的区域勘探，对江都—吴堡—博镇潜山带进行解剖，重点钻探了博镇、许庄两个

❶江苏石油勘探局研究院，1986，苏北盆地第三系油气藏类型及富集规律。

❷费富安，1982，东台坳陷下第三系生油岩地球化学特征及含油远景。

潜山，在真43井寒武—奥陶系白云岩中见到低产量油流。由于未能取好潜山顶面形态与内幕反射资料，勘探成效不大。1980年，重新将勘探重点转入第三系，先后发现了黄珏、曹庄油田，肖刘庄构造及周庄地区的刘五舍、陈林沟、宁乡等含油区块，从而认定江都—吴堡—博镇断裂带是高邮凹陷中最为有利的油气富集带。1979年在地震勘探中引进数字技术后，对高邮深凹带进行数字地震测量，从此，构造落实程度较前有了提高。根据1981年"主攻高邮，兼探两翼"的勘探方针，选择深凹带为主要战场，并着重加强了深凹北侧的联盟庄以及谢家河含油气构造的解剖，发现了一批小而肥的含油圈闭，从而又认定了联盟庄—永安断裂带是高邮凹陷中的另一个油气富集带。

**一、凹陷的形成**

高邮凹陷是在始新世末的吴堡运动基础上发展起来的断陷盆地之一。表现在周边断层的活动，使凹陷四周低凸起持续上升和邵伯—樊川—刘五舍深凹的持续下沉，此时凹陷的轮廓基本形成，区域上具有南断北超、南深北浅、南陡北缓的凹、坡结构。和整个苏北盆地的构造体系一样，主要发育有北东向、北西向两组断裂系统，北东向的一组自南向北依次为黄1—真1—吴1号，真2号断层及联盟庄—永安断层，将凹陷切割成为三部分，即南部断阶带、中部深凹带和北部斜坡带。南部断阶带是箕状凹陷的陡翼，由若干条断距为300～800米的断层切割成高低断阶，中部深凹带是夹在真2号断层和联盟—永安断层之间的地堑，其北侧的斜坡带，戴南组超覆于柘垛低凸起之上，受次一级断层的切割，形成若干高低台阶和断块（图2-8-2）。

区内第三系发育齐全（表2-8-1），新生界构造运动较频繁，主要有仪征运动、吴堡运动和三垛运动。

*1.仪征运动*

泰州组不整合于赤山或浦口组之上，泰州组底部具有成分复杂的砾石。砾石成分有下伏赤山组砂岩，中生界的火成岩和沉积岩及古生界的石灰岩，硅质岩，石英岩，并伴随有中、酸性火成岩的侵入和喷发，南部断阶带大部分地区泰州组和浦口组呈不整合接触。根据周庄、吴堡地区赤山组残留的厚度分析，其上升剥蚀幅度可达1000米左右，断阶带南的真1号断层也在此时开始活动，在仪征运动后准夷平面上，开始了泰州组沉积，仪征运动为苏北第三纪拉张阶段发展的主要活动时期之一。

*2.吴堡运动*

发生在阜四段沉积末，是本区比较大的一次构造运动，除在邵伯深凹、樊川深凹阜四段与上覆戴一段呈连续沉积外，其它地区戴一段均不整合在阜四段之上。吴堡运动主要表现为凹陷边界的断裂强裂活动和断块间的差异升降。

*3.三垛运动*

发生于早第三纪末期的一次重要构造运动，三垛组二段遭到剥蚀，盐城组和下第三系呈区域不整合接触，三垛运动表现断块的活动，凹陷边界大断层活动强烈，凹陷内形成了复杂的断裂网络，把构造分割为大小不同的断块，三垛运动为高邮凹陷阜宁组生油岩的主要成油期，因此，对油气圈闭的形成和油气的运移起了控制作用。

由于上述运动，凹陷的形成大体可分为三个阶段，即古—始新世的坳陷阶段，始—渐新世的断陷阶段和中—上新世的拉张夷平阶段，代表了湖盆从发生、发展到萎缩、消亡的发育过程。

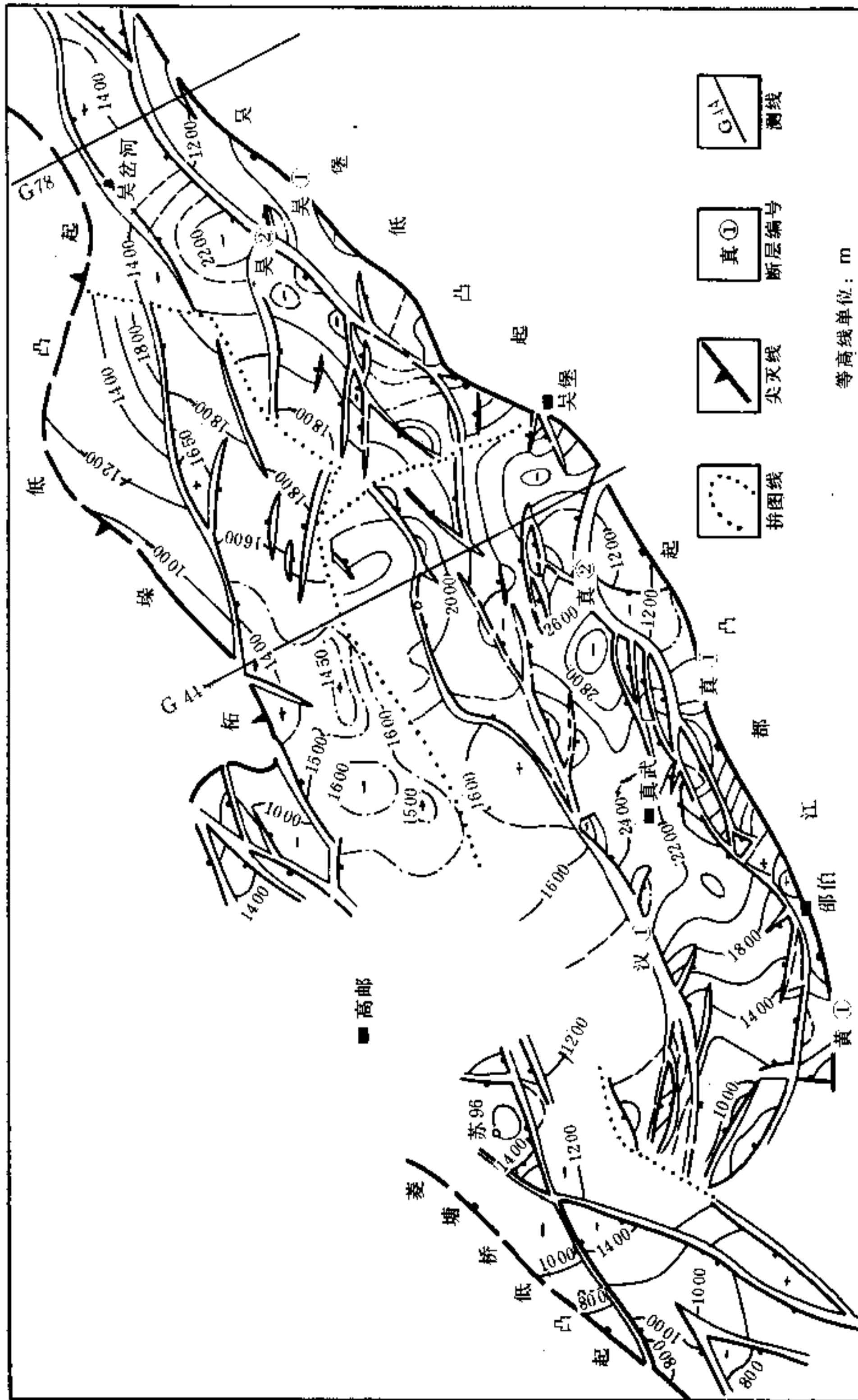



图 2-8-2　高邮凹陷地震 $T_2^3$ 反射层构造图

表 2-8-1　高邮凹陷新生界地层简表

| 地层 | | | | | 主要岩性与油层 | 沉积相带 | 主要构造运动 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 系 | 统 | 组 | 段 | 厚度(m) | | | |
| 第四系 | | 东台组(Sd) | | 120～159 | 土黄、灰黄色砂质粘土与黄灰色砂砾层互层 | 河湖相夹海侵 | |
| 上第三系 | 上—中新统 | 盐城组 | 上段($Ny^2$) | 156～374 | 浅灰黄、浅灰色砂砾层与浅棕色粘土层，组成3～4个正旋回 | 河流相 | |
| | | | 下段($Ny^1$) | 330～706 | 浅棕红、灰绿色粉砂质泥岩与灰白、灰黄色中粗砂岩，砾状砂岩、细砾岩互层。组成4～7个正旋回，中下部常夹一、二层灰黑色玄武岩，可作辅助标志层 | | 三垛运动<br>～～～～ |
| 下第三系 | 渐—始新统 | 三垛组 | 上段($Es^2$) | 448～772 | 浅棕、浅灰黄色粉–细砂岩，含砾砂岩夹棕红色泥岩。在永安获工业油流 | 河流—三角洲相 | |
| | | | 下段($Es^1$) | 361～654 | 中上部棕红色泥岩夹浅棕、浅灰色砂岩，下部棕色块状砂岩，含砾砂岩。分7个砂层组，均有油层，下部6、7砂层组为真武油田主要产层。下部有一层灰黑色泥岩标志层，块状砂岩之上有一、二层玄武岩辅助标志层 | | |
| | | 戴南组 | 上段($Ed^1$) | 448～685 | 褐色泥岩与浅棕、灰色粉、细砂岩呈不等厚互层。分5个砂层组，均有油层，以2.5砂层组底部砂岩为主要产层 | | |
| | | | 下段($Ed^2$) | 408～705 | 灰紫、灰黑色泥岩与灰色薄层粉细砂岩互层。分3个砂层组，均有油层，以1.2砂层组的油层居多。上部有3～5层高电导灰黑色泥岩为标志层 | 湖相—三角洲相 | 吴堡运动<br>～～～～ |
| | 始—古新统 | 阜宁组 | 四段($Ef^4$) | 272～575 | 灰黑色泥岩、页岩夹薄层浅灰色泥灰岩，灰质粉砂细砂岩。本段有机质丰富，为良好生油层 | 湖相 | |
| | | | 三段($Ef^3$) | 149～235(不全) | 灰黑色泥岩、灰质泥岩夹薄层灰质粉砂岩，白云质粉砂岩，泥灰岩 | 湖相三角洲相 | |
| | | | 二段($Ef^2$) | 101～367(不全) | 灰黑色泥岩、灰质泥岩夹薄层泥灰岩，灰质白云岩、藻鲕白云岩、灰质粉砂岩 | 湖相 | |
| | | | 一段($Ef^1$) | 153～426(不全) | 深灰、暗棕色泥岩与浅棕、灰色粉、细砂岩互层，向下砂岩增多。在许庄获工业油流 | 河流相 | |
| | | 泰州组 | | 155～251(不全) | 下部灰白色块状砂岩、砾岩夹深灰、暗棕色泥岩，上部灰黑色泥岩夹薄层泥灰岩 | 湖相 | 仪征运动<br>～～～～ |

## 二、油气地质条件

高邮凹陷的石油地质条件非常有利，表现在以下几方面。

*1.多层生油岩*

稳定下沉的深凹部位拥有巨厚的生油岩系。下第三系有效生油岩面积达 1048 平方公里，可为下第三系各类油藏提供十分丰富的油源。凹陷中的生油岩系共有泰州组，阜宁组一、二、三、四段和戴南组一段等六套，均具有较高的有机质丰度和较好的类型（生油指标见表 2-8-2）。古新世泰州组的生油层，位于该组的上部，是一套浅湖或较深湖相灰黑色泥岩，厚达 100～200 米。始新统阜宁组沉积时基本为"满盆黑"。阜一段中上部沉积的一套湖相灰黑色泥岩，厚约 150 米。阜二段沉积时，水体较深，在一定程度上受到海侵的影响，沉积了一套有机质非常丰富的灰黑色泥岩，分布非常广泛，厚达 150～250 米。阜三段是三角洲相和浅湖相的沉积，主要为一套砂岩、粉砂岩和灰黑色泥岩的不等厚互层或黑色泥岩夹薄层粉砂岩，厚约 150～250 米，有机质丰度较差。阜四段沉积时，水进达到最大规模，沉积了一套厚而纯的灰黑色泥岩，总厚度为 200～300 米。由于吴堡运动的影响，该套生油岩在凹陷中的一些部位受到不同程度的剥蚀，有的虽较完整，而埋深却较浅，但仍不失为良好的生油岩。戴一段沉积时，箕状凹陷即开始形成，沿深凹一线，由西而东存在邵伯、樊川和刘五舍等三个深凹，它们既是沉积中心，又是沉降中心，这不仅使阜宁组保持了连续深埋的环境，同时在深凹部位沉积了大套暗色地层，特别是戴一段晚期的一次较大的水进，沉积了一套以灰黑色泥岩为主的半深湖相沉积物，厚达数十至一百余米，基本上在全凹陷都有分布，有机质丰度也较高。根据对本凹陷生油层的综合评价，六套生油岩系中，以阜二段和阜四段的生油条件为最好，是凹陷中好的生油岩；阜一段和戴一段是较好生油岩，阜三段和泰州组则较差。根据现有分析资料，凹陷内生油岩的成熟门限深度为 2500 米左右，温度为 90℃。

**表 2-8-2 生油岩生油指标**

| 生油层系 | 泰州组 | 阜宁组 一段 | 阜宁组 二段 | 阜宁组 三段 | 阜宁组 四段 | 戴南组 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 有机碳(%) | 0.81 | 1.32 | 1.48 | 0.96 | 1.19 | 0.85 |
| 沥青"A"(%) | 0.065 | 0.078 | 0.126 | 0.036 | 0.097 | 0.031 |
| 总烃(ppm) | 302 | 316 | 431 | 122 | 552 | 198 |
| 有机质类型 | | | Ⅱ—Ⅰ | | Ⅱ | |
| 生油岩体积/沉积岩体积 | 0.13 | | | | | |

*2.多套含油层系和储油有利相带*

构造运动的多旋回形成了多套含油层系，并在凹陷两侧形成了储油有利相带。

新生界下第三系为一套陆相碎屑沉积，它经历了至少两期主要构造运动，即始新世末的吴堡运动和渐新世晚期的三垛运动。两期构造运动明显地将第三系划分为三个构造层，即泰州—阜宁组下构造层、戴南组—三垛组中构造层和盐城组—东台组上构造层。各构造层内的沉积物具有早期充填，中期逐层超覆，晚期遭受剥蚀的特性。这一构造运动的多旋回性使凹陷自下而上形成了七套不同储集类型的含油层系，其中戴南组—三垛组中构造层内的两套含油层系，是凹陷内的主要含油层系。戴一段沉积时因吴堡运动的影响，盆内发生区域性抬升，湖泊急剧收缩，湖心部位的残留水体保存了古湖的面貌。沉积中后期，湖盆持续下降，气候湿润，湖泊水面扩大，沉积了一套以灰绿色泥岩为主夹薄层粉砂岩的地层，其中最上部

的一组厚约150～200米暗色泥岩段内，在深洼周围发育了一套砂岩，构成了一组较为稳度的储集层，由于这套泥岩分布稳定，不仅具有生油能力，还对戴一段油藏起到区域盖层作用。戴二段沉积时，盆地有所抬升，湖水退却，湖泊日益萎缩，中后期气候逐渐转干热，次生石膏与自生矿物重晶石发育，盆地边沿不同程度地再遭受剥蚀，凹陷中整个戴二段主要是一套紫红色沉积物，储集层多数具有较好的物理性质。垛一段沉积初期，广泛水侵，湖泊又一度扩张，沉积了一层厚度为4～12米大体相等的黑色泥岩标准层，以后湖盆再收缩，接着发生玄武岩喷发，在气候干旱的环境下沉积了一套红色砾、砂、泥岩地层，其中砂层的储油物性之好，堪称全凹陷之冠。上述层系沉积时，主要水系来自东北的柘垛低凸起和南部的江都凸起，其次，西部的菱塘桥低凸起也有水系入湖。邵伯、樊川、刘五舍三个深凹区为湖心区，地层厚度从边部向湖心加厚（图2-8-3），岩性由粗变细，从湖边到湖心，相的演变序列依次为滨湖相、浅水湖相及半深水湖相，平面上基本呈环带状分布，紧贴同生断层下降盘发育着多个有利相带，如凹陷南侧的戴一和戴二段的近岸水下扇，滨湖冲积扇的扇中砂体，北侧的三角洲分流平原砂体和三角洲前缘砂体，它们在平面和纵向上交互叠置，使凹陷中的储集层极其发育。

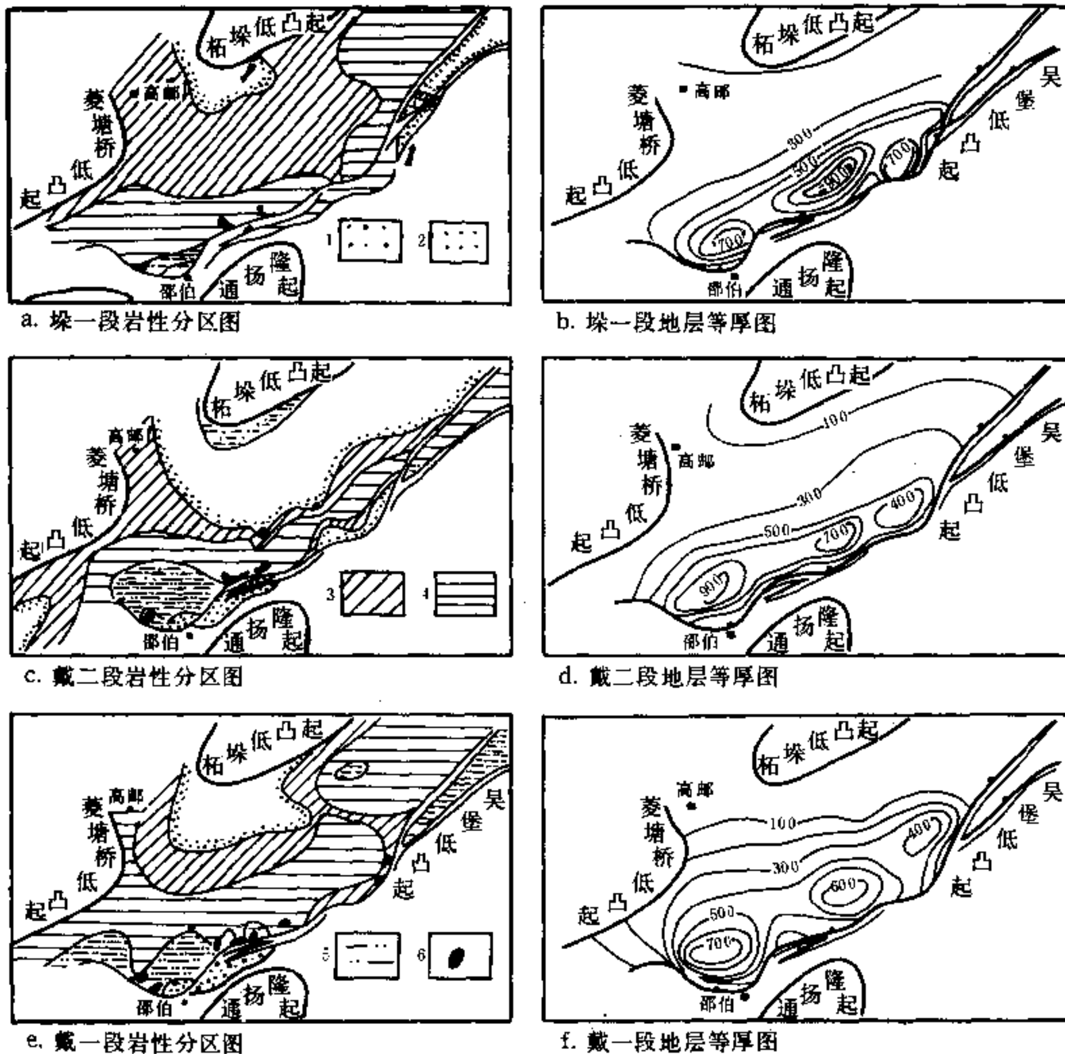



图2-8-3 垛一、戴二、戴一段地层等厚图及岩性分区图

1—砾岩区；2—砂岩区；3—含泥砂岩区；4—泥岩—砂岩区；5—含砂泥岩区；6—含油范围

*3.断裂控制油气聚集*

阜宁期以后形成的箕状凹陷，其两侧的同生断层是在盆地发育过程中边隆、边沉、边断的。随着沉积盖层厚度的不断加大，岩石粒径的变化和成岩过程中压实程度的不同，在厚度变化大的地带，导致压实量的差异和水平应力的拉张，使岩层沿着盆地下滑而形成躺椅式的低角度正断层，从而控制了戴南期以后地层的沉积和构造的形成与发育，在断层的下降盘，地层厚，上升盘则较薄，生长指数达 2 以上，充分反映了同生断层的性质。这些断层在发育的同时，相应地也伴随着一系列滚动背斜、断鼻构造和多组断层挟持的断块构造的产生，这就为油气的聚集提供了可靠的构造圈闭条件。如凹陷南侧断层下降盘的真武、黄珏构造和北侧的联盟庄、永安构造的存在，就是这一作用在历次构造演化过程中的典型产物（图 2–8–4）。对于这些圈闭中油气的聚集，构造条件虽起着重要作用，但断层的分隔与遮挡起了主导因素。凹陷内各时期的构造圈闭均为断层所复杂化，各层的现今构造，无论大小，均被断层分割为若干个大小不等的含油气单元，各单元间油气蕴藏量的差异颇为悬殊，油气水层交替非常频繁，同一构造、同一层系内的绝大多数油藏无统一的油水界面，甚至在同一富集区内，有些构造或断块由于断层的作用而改变了原有的圈闭条件，使原有的油气藏的位置转移。此外，断层的产状特征也使凹陷内不同层系的油藏在平面上叠合连片，具体的实例有二：一是因断面倾角平缓，不同时期的构造高点从上到下偏向断面下倾部位，如吴堡—博镇断裂带主干断层和非主干断层交叉合并，断面呈弧形弯曲，各层构造高点从新到老向深凹方向偏移，平面上呈叠瓦状分布。如真武构造真 12 断块为浅层三垛组构造的高部所在，分布有三垛组和戴南组地层，其中以三垛组储量最丰，产量最高，开采初期曾出现过数口产量为百吨以上的油井，是该断块的主力产层。其北的真 11 断块，是戴二段构造高点所在，三垛组和戴二段两套油层，则以戴二段油层为主，是戴二段油层的富集高产区。曹庄构造、肖刘庄构造也有类似的情况。二是在海拔高度大体相同的断层两侧，层位不同、岩性不同的两套地层在圈闭条件具备的情况下，出现两种油藏毗邻，如吴堡—博镇断裂带同生断层下降盘的真武构造三垛组和断阶带上许庄构造的阜一段，它们间虽是相连，但油藏类型不同，油层生产特性也不同。

*4.凹陷两侧断层密集带为油气聚集有利地区*

在南侧的江都—吴堡—博镇断裂带和北侧的联盟庄—永安断裂带的各类油藏，纵向上跨数个地质层位，产能有高有低，埋藏越深油质越轻。两带中深部戴一段，许多构造都试获天然气、凝析油和高油气比轻质原油。浅部地层的油质则依次偏重，反映了油气沿断层这一纵向通道运移的过程。一些靠断层圈闭的断块油气藏，油气紧贴断层分布，含油气带比较狭窄，南北宽有的约 500 米，超出此一距离则为水域，反映了断层的密集程度与油气分布的关系，特别是断层的长期发育和多组方向的断层交叉切割，使得戴南、三垛以致盐城组的地层才有条件在断层密集带上接受来自深部的油气，并构成现今的油田含油井段长，含油层系多的局面。

**三、油气藏分布规律**

凹陷内不同的构造部位，分布着不同类型的油气藏，在油气开采过程中，分别展示了各自的地质特征。

*1.断裂构造带临洼部分的各类油气藏*

主要有下列三种:

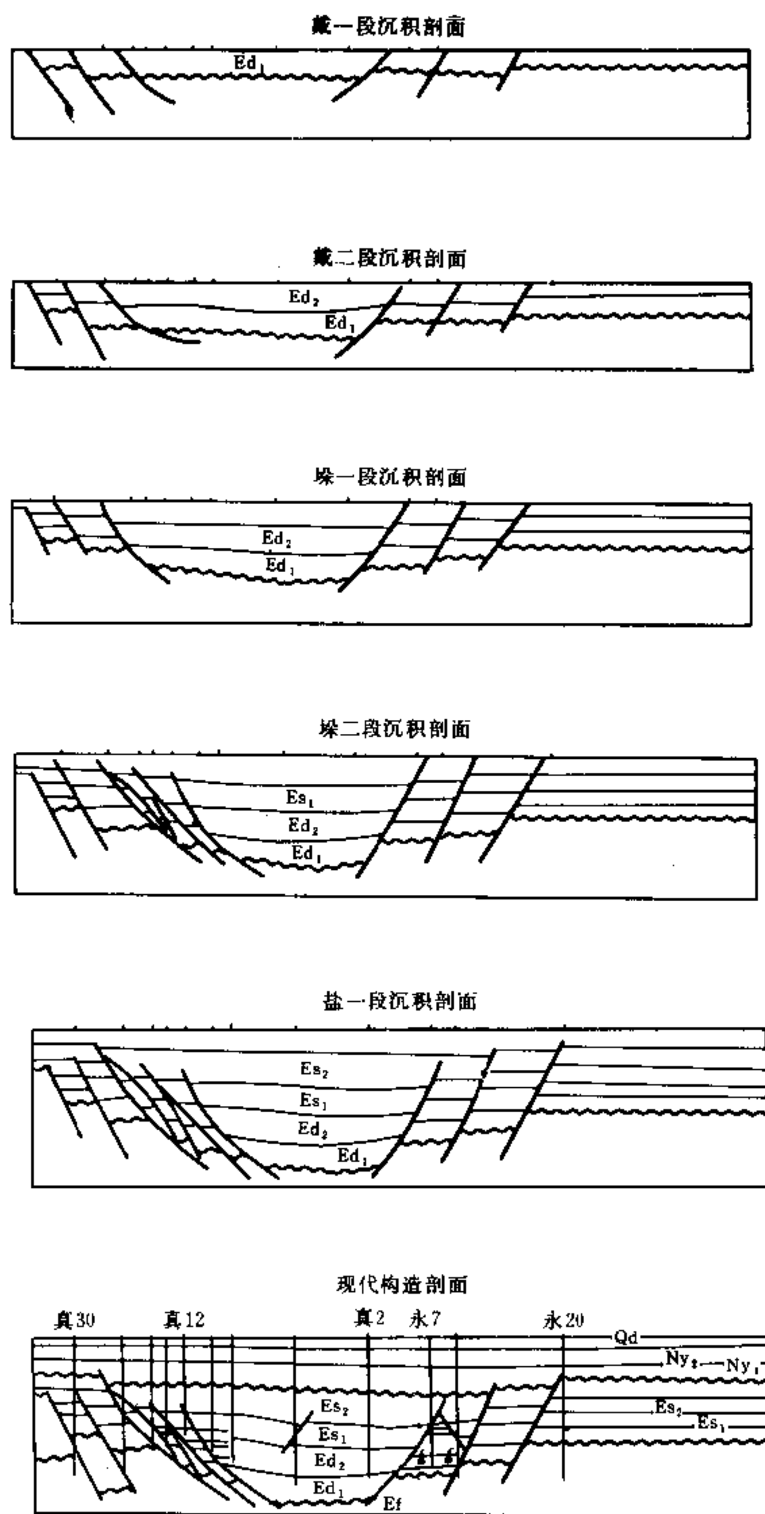



图 2-8-4　高邮凹陷真 30—永 20 井构造发育剖面图

(1) 断块构造油气藏　紧贴同生断层分布的滚动背斜为主的断块构造油气藏。如黄珏、真武油田垛一段和戴二段上部，这类油藏处在有利的生油区和沉积相带之内，除具有较好构

造条件外，还有断层另一侧的大套泥岩做遮挡（图 2–8–5），在地质上具有以下优越性：一是储集层发育，油层集中，单位面积内储量大；二是油层连通条件好，油层沉积物处于滨湖冲积扇和三角洲前缘部位，油层大片分布，岩性较为稳定，在井距 500 余米的情况下进行对比，主要油层井间的连通百分数达 90%以上，特别是垛一段，油层向深凹方向有加厚的趋势，油藏能得到边外能量的补给；三是储集层物性好，三垛组油层空气渗透率多数在 $987\times10^{-3}$ 二次方微米以上；四是油质较轻，原油地下粘度一般为 2～5 毫帕秒。这些基本地质因素为油藏的高产稳产提供了较好基础，在正常的开发过程中，油井生产压差小，井口压力高，产液量递减率小，地层压力稳，一些主要开发单元，在采油速度为 2.5%的情况下，地层压力基本稳定不降。曹庄、吴堡至陈林沟一线的戴一段储集层稳定性也较好，油井生产初期均有一定自喷能力。

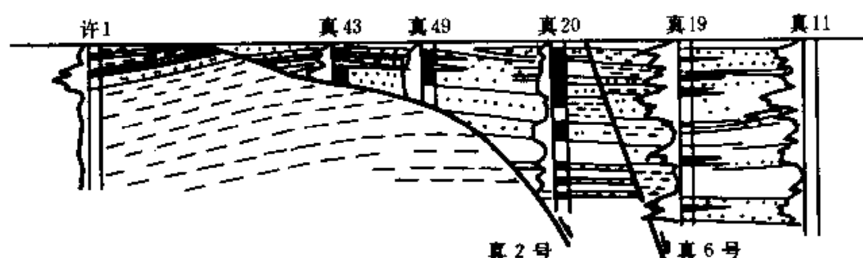



图 2–8–5 真武油田真 12 断块三垛组下部油藏界岩条件

(2) 受构造和断块控制的岩性油藏　主要分布在真武油田戴二段下部，黄珏油田西部戴二段上部和曹庄油田整个戴二段。油藏位于各断块的高部位，纵向上油水交替，一个断块就是一个独立的聚集单元。这类油藏在沉积上处于滨湖相冲积扇扇中、扇端和三角洲前缘，储油层单层厚度一般 5 米左右，平面上岩性变化较大，砂层不连续。由于断层的分割和岩性的变化，油藏边外能量无补给，油井产量和压力递减快。真武地区有的井累计采出不足万吨，总压降已达 90.07 兆帕。曹庄一带一些油井比这更为突出。

(3) 岩性油藏　主要分布在邵伯和樊川深凹西部的戴一段。它们在沉积上处于扇端或三角洲前缘末端部位，砂层薄而分散，单层厚度多在 5 米以下，储集层胶结物中的灰质和泥质含量分别达 10%以上，除个别区间油层物性偶有较好者外，一般较差，孔隙度小于 17%，渗透率 $9.87\times10^{-3}\sim98.7\times10^{-3}$ 二次方微米。油层具有席状砂岩的分布特性，平面上分布不连续，主要靠岩性封闭，油井完全依靠弹性能量开采，试油初期有的井喷势很旺，但瞬息即告停喷，甚至发展到不能正常开采。

*2.封闭型断块油藏*

分布在南侧断裂带同生断层和边界断层之间所限定的狭长台阶上。油藏位于阜一段顶部。上覆的阜二段厚层黑色泥岩和两个方向的断裂系统为油藏的形成提供了较好的圈闭条件。油藏内储集层发育，但物性较差，黄珏南断阶阜一段尤为致密，由于油藏与深凹间有若干条视断距在 300～500 米左右的断层遮挡，断阶带内部有多组断层的交叉切割，致使油藏十分破碎，绝大多数油井稳产条件差，但增产措施得当，其产量也有较高者。

*3.浅层披覆构造油气藏和深层基岩油气藏*

分布在凹陷南侧边界断层之南。

(1) 浅层盐城组一段披覆气藏　盐一段是一套连续的河流相沉积，全剖面厚度达 100～800 米，储集层为疏松的砾状砂岩、粗砂岩、细砂岩夹泥岩。由于断层的持续活动，一些断层一直通向上第三系盐城组，这给油气的圈闭带来不利条件，某些探井在钻进过程中于盐城组内仅见到不同程度的气测异常，但多未构成工业性的油气聚集。虽然如此，在那些断层两侧界岩条件较好的部位，却也形成了产能较高的气藏。如吴堡—博镇断裂构造带中段周庄构造顶部周 2 井所钻遇的盐一段浅层含沥青的气藏便是一个典型实例。该气藏顶部有一组泥岩和含沥青砂岩，该井与北邻的周 3 井之间有一断层通过，与气层对应部位的断层另侧的岩层恰为泥质岩层，这样的圈闭给气藏的存在提供了较好条件。初步分析，这种气藏的形成与油气的多次运移有一定关系。

(2) 基岩油藏　凹陷南沿的江都凸起，其新生界基底为寒武—奥陶系白云岩。它们在长期的风化淋滤作用下，发育着较好的裂隙和洞缝，特别在基岩面附近，这样的储集空间尤为发育，钻井过程中伴有井漏和放空，气测有异常显示。据多口井的岩芯观察，白云岩裂隙面均有油迹存在。许庄高台阶真 43 井钻遇两层 8.8 米粒屑白云岩，经酸化获得了油气流，原油相对密度 0.855，粘度 21.8 毫帕秒，凝固点 64℃，含蜡 60.1%。这样的"三高"原油，说明油气经过了较长距离的运移。对比苏南海相碳酸盐岩储集层的原油特点，并结合凹陷的基底结构分析，认为其油源来自断层另一侧的第三系而不是基岩本身，属苏北型新生古储的基岩油藏（图 2-8-6）。

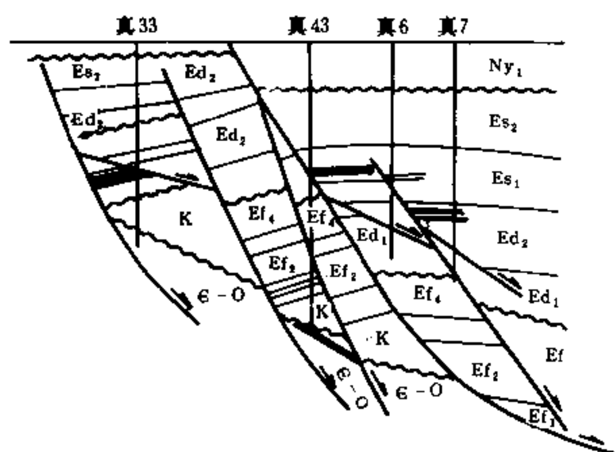



图 2-8-6　真 43 井基岩油藏

图中黑粗线表示油层

此外，在凹陷北部斜坡戴一段的超覆部位，还有超覆型油藏的存在。

综合上述不同构造部位各类油藏的分布特点，可以给高邮凹陷描绘出象图 2-8-7 所示的复式油气藏模式。

**四、勘探方向**

随着勘探工作的加深和地质资料的不断积累，对高邮凹陷地下规律的认识也逐年深化，各类油气圈闭的发现数目不断增加，断陷盆地中复式油气区的范围正在扩大，根据当前油气资源的预测，今后在凹陷内还将有新的含油层系和其它类型的含油圈闭被陆续发掘出来，其中特别在以下地区，更有待于深入工作：

1）继续寻找同生断层下降盘的构造圈闭，凹陷内三垛运动时期是油气运移的主要时期。三垛组沉积末的三垛运动，使凹陷进一步断陷，此时，生油岩埋深已超过 2500 米，进入了成熟门限深度，断层的持续活动为成熟的烃类的运移提供了良好通道，在此之前形成的构造圈闭为油气聚集提供了有利场所。目前已发现的凹陷两侧断裂带上同生断层下降盘一系列构造圈闭，经分析形成于三垛运动之前，且大多成为一定规模的油田。据最近地震精查，两个断裂带上又新发现和落实了一些构造或两组断层交叉而挟持的有利断块。为此，应对这些圈闭逐一进行分类评价，特别是已探明的含油气构造之间的接合部，可予优先钻探，以期解决整个下降盘的连片含油和产量大幅度上升的问题。

2）努力探索隐蔽型油气藏。苏北盆地内凸凹相间的构造格局使各单断箕状凹陷在沉积上具有多物源和近源环境。近岸水下扇和河流三角洲砂体交互叠置，储集类型多种多样，已发现的物性好、产能高的油藏，其储集层多属近邻主干断层的扇中和三角洲前缘砂体，而远离主干断层的临凹部位或坡降较大的断崖之外的滑塌浊积岩，已发现了具有相当规模产能的油井，这就不能排出沿深凹走向，泥质岩类发育，压实致密，碳酸盐胶结物含量较多的岩系中进一步去发现面积大、物性好的浊积油藏的可能性。此外，北部斜坡和西部马家嘴一带，也有可能继续扩大超覆油气藏的范围。下步的问题是如何改进地震资料处理，总结以往成果，积极稳妥地去探索，从而打开这一领域的局面。

3）注意在断阶带寻找阜宁组以下地层中的各类油气藏。阜宁组以下的泰州组、赤山组和浦口组，具有砂、泥岩频繁间互和砂岩单层厚度大的特点。已取得的资料表明，这些层系在储盖组合条件、含油气性等方面，都是无可非议的，一些探井在录井中甚至发现过上百米不同级别的油气显示。许庄、竹墩和周庄一带，砂岩的物性好，油气显示级别高的讯息早为人们所关注。从复式油气区的油气藏分布特点出发，这些地区将是值得进一步探索的地方，由于构造较为破碎，需切实做好地震精查和资料的反复消化，在构造落实的基础上，结合对阜宁组的勘探，以蔓延式的布井方法，去探索这三套层系的含油气性。

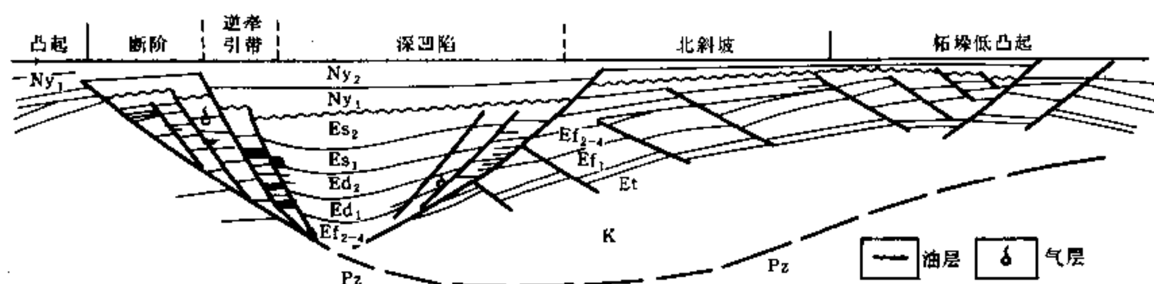



图 2-8-7　高邮凹陷油气藏模式

## 第二节　金湖凹陷

金湖凹陷位于东台坳陷的西部，面积5000平方公里，地跨苏皖两省，其中江苏部分为3200平方公里。南面以杨村大断裂与天长凸起接壤，北靠建湖隆起的南部斜坡，西邻张八岭隆起，东为菱塘桥和柳堡两个低凸起，是苏北盆地中最大的一个沉积凹陷。

在金湖凹陷内曾于1958年进行过航磁、重力、磁力、电法等区域概查。1964年先后钻探了盱1井、铜1井、铜2井，因井深都在1000米左右故未发现油气。1970年“四物”在局部地区进行了光点地震。1973年下半年开始磁带地震勘探的试验和普查，发现了一批局部构造。同年“五普”在六塘构造钻探了东39井，首次在阜四段泥岩裂缝、阜三段砂岩中发现良好的油气显示。

1974～1975年，“四物”继续对全凹陷进行磁带地震普查及部分地区的详查，发现了刘庄、官塘等构造，并通过东45井、53井、57井及东60井的钻探在阜一段、阜二段、阜三段、戴一段发现多层系含油。1974年12月9日在东60井对阜一段试油，首获日产5.5立方

米工业油流。1975年5月对该井阜二段生物灰岩测试，酸化后15毫米油嘴日产天然气21万立方米。1975年年底在东64井又获初产112万立方米的高产气流。从而证实刘庄构造带是一个有利的油气聚集带。1975年11月3日成立了金湖地区勘探开发油气筹备领导小组，以加速金湖地区的勘探步伐。12月23日石油工业部第一台钻机（32165队）首先赴金湖，在刘庄构造开钻刘5井。

1976年在以西北斜坡为整体，解剖刘庄断裂带的部署下，首先以三台钻机对刘庄构造进行预探，至年底共完钻8口，除刘5井油气显示一般外，其它各井都不好。1977～1978年对该构造进行详探后，证实油气局限在刘1、刘2断层间，是一个以气为主、受构造控制的断块油气藏。同期，"六普"对闵桥构造进行解剖，"六普"队伍撤离后，石油工业部于1979年又对该构造进一步详探，证实该构造是一个多层系、以油为主并受古构造控制的断块油田。在此阶段中石油工业部先后对崔庄、吴河庄、塔集、唐港等构造及宝应斜坡进行了钻探，均未获得良好的成果。为了进一步落实构造圈闭，在1979～1980年度用三个模拟磁带地震队普查闵桥—卞塘地区，由于该区火成岩发育，多次波干扰严重，未能奏效。1980～1982年动用二个数字队对金南—卞塘、三河—石港地区作地震普查，由于设备的更新，方法的改进，资料质量有明显的提高，对三河次凹有了新的认识。发现在石港大断层下降盘有一组近东西向的断层与主断层形成一系列断块圈闭。通过地震地层学研究，又发现在三河次凹的西斜坡有四个"地质异常体"，认为可能属水下三角洲前缘砂体。为了探明其地质特征及含油气情况又钻井6口（桥1、2、3、4，雷1、河参1井），除桥3井试获日产4.7立方米原油，桥4井因主要含油层戴一段断缺外，其余各井均见到不同程度的油气显示。

1986年以后，采用具有两栖功能的数字遥测仪，在高邮湖入江水道的水域内，发现了卞东—杨家坝构造，在卞1井和杨1井的钻探和测试，分别获得日产58和80吨的高产油流，一扫金湖凹陷多年来勘探上的沉闷气氛。

## 一、区域构造

*1.盆地基底组成及地质结构*

根据周围隆起区的地质资料分析，盆地的古老基底为元古界张八岭杂岩。盱眙、滁县、嘉山一带的露头资料表明，其岩性主要为多种类型的片麻岩与片岩，震旦系下段也为同一岩性，盱眙县城附近已出露地表。另外，在建湖隆起西端也见到这套地层，它们是盆地的古老基底。

覆盖于古老基底之上的是古生界海相碳酸盐岩，海陆交互相的碎屑岩和中生界碎屑岩。

根据建湖隆起西端双沟煤矿的资料，古生界地层受到强烈构造运动的影响，构造十分复杂，多以复背斜与复向斜的形式出现，同时断层十分发育，有正断层、逆断层、也有逆掩断层与平移断层，这种结构形式与苏南宁镇地区有相似之处。

*2.凹陷的发育及演化*

金湖凹陷是苏北盆地东台坳陷的一个组成部分，其发育及演化与全盆地相一致。强烈的燕山运动，使苏北盆地下降而接受了白垩—第三系沉积，从此开始了断陷盆地的发育与演化。根据钻井和地震等资料分析，大致经历了以下几个阶段。

（1）初期拉张阶段　晚白垩世时期，由于强烈的燕山运动影响，南部天长凸起（通扬隆起的一部分）上隆，导致表层拉张陷落，到白垩纪末期，这种拉张陷落达到了高峰，凹陷内主要的大断层如杨村断层、石港断层、刘庄断层已经形成。伴随断裂的活动，有岩浆的喷发，如三河次凹斜坡部位的苏74井和东66井在浦口组分别见到了8.5米和65.5米的玄武

岩。同时西北边缘斜坡白垩系遭受了较强烈的剥蚀，如刘 10、17、18 井均缺失白垩系。此时凹陷的基本形态已经形成。

(2) 中期坳陷阶段 白垩纪末期赤山组沉积之后，随着仪征运动的到来，使金湖凹陷区域抬升，普遍遭受剥蚀，西北斜坡尤甚。大部分地区缺失赤山组。受此影响，石港、刘庄等断层进一步活动，并伴有岩浆喷发，河参 1 井泰州组下部见有 304.5 米厚的玄武岩。泰州组—阜一段沉积后，随着运动能量的释放，区域性的抬升逐渐停止，继而转为快速拗陷下沉，水域扩大，水体加深，接受了阜二—阜四段的湖相、三角洲相沉积。岩性多以暗色泥岩、泥灰岩为主。

(3) 后期断陷阶段 阜宁组沉积末期，地幔物质的运动又开始活跃，并再次沿断层上升，致使应力不断集中，由于应力的差异，使原来活动的大断层进一步活动，在下降盘一侧形成深凹，同时，表层又产生了新的断层。这些新的断层一般与老断层有着依辅关系，即表现为大断层派生的分支、羽状断层和平行于主断层的次级断层。如石港断层下降盘一侧的羽状断层和闵桥古隆起上的"地堑型"断层等，就是吴堡运动的产物之代表。与断裂活动相伴随的仍然是岩浆喷发，如金南地区的苏 70 井在垛二段至戴一段（井段 711.5～1695.5 米）见到了近千米厚的火山角砾岩，据分析认为是火山口附近的产物；唐港地区唐 1 井于戴一段见到厚 19.5 米的玄武岩。由于吴堡运动使凹陷明显抬升，西北边缘斜坡阜四段上部受到一定剥蚀，戴一段时又未接受沉积，戴二段呈假整合超覆于阜四段之上。至此，金湖凹陷的构造格局已经形成。

(4) 末期萎缩阶段 垛二段沉积以后，三垛运动使凹陷又一次抬升，致使垛二段顶部受到一定剥蚀，顶面起伏不平，盐一段充填于地形低凹之外，此时断层活动基本停止。随之而来的是盆地进一步夷平，沉积了大套的河流冲积相盐二段地层，此后，构造运动缓和，进入了比较安静的休止状态，从而结束了第三纪盆地的发展历史。

*3.二级构造带*

金湖凹陷由于以断陷为主，因此产生了一系列平行于凹陷轴向的张性断裂，进一步切割凹陷，形成了一系列带状分布的构造带和凹陷带（图 2-8-8）。根据金湖凹陷构造运动、断裂发育、沉积特征、局部构造成因与展布等因素，划分以下几个二级构造带（由于工作范围所限，该处仅对江苏境内部分进行叙述）。

(1) 西北斜坡带 由于白马湖和宝应湖湖区尚无地震资料，其它方面的资料也较少，因此目前暂把西北斜坡带分为西部斜坡和北部宝应斜坡两部分。西部斜坡位于刘庄断裂带以西，为一南深北浅平缓斜坡。第三系各组段地层薄，局部构造不发育，仅见有极平缓的鼻状构造，构造高度一般在 50 米左右，如观音寺、刘本庄、竹园庄、韩竹园等构造。圈闭面积 12.7 平方公里。北部斜坡的划分界线，由于目前资料少，尚难进一步确定，但从构造位置上，它是位于汜水次凹向建湖隆起过渡的部分，区域上，地层向北逐渐抬升、变薄，构造线几乎平行于断层走向，仅在断层与构造线转弯处和有小断层存在时，才能形成圈闭。目前初步发现宝应、白田铺、牌楼、盘岔口等构造，圈闭面积约 12.7 平方公里。（整个西北斜坡带总圈闭面积 25.4 平方公里）。

(2) 刘庄断裂构造带 位于刘庄主断层上升盘一侧，西南起于兴旺庄，东北止于兴隆集，全长约 40 余公里。刘庄主断层为一反向西掉正断层，发育时期早，起于燕山运动末期，止于三垛运动期。断距 100～200 米。

图 2-8-8 金湖凹陷区域构造图

在主断层影响下，上升盘产生成排的鼻状构造和派生断层，形成韩庄、朱庄、刘庄、高集、张家庄、崔庄等断鼻构造，$T_3^3$ 地震反射层总圈闭面积 72.85 平方公里。由于该构造带近邻三河生油深凹，又为阜二段有利相区，地层区域上抬和西侧反向止断层遮挡，对油气聚集十分有利。刘庄断鼻是江苏石油管理局目前主要的天然气开发单元。

(3) 北部深凹带 位于三河次凹的轴线以西，以三河次凹为主体，南部有东阳次凹（浅凹）。深凹部位新生界保存完整，厚约 5500 米，深凹及西部内斜坡断层和局部构造均不发育，仅在 $T_2^3$ 地震反射层发育零星的小型断鼻构造，如吕良、雷庄、金湖西、新街等断鼻构造，圈闭面积 10.75 平方公里。

(4) 石港断裂构造带 位于三河次凹轴线以东，呈北东走向，西南起于泥沛，东北经淮胜至宝应北，长约 70 余公里。系石港主断层上升盘鼻状构造与下降盘羽状断层夹持的断块构造组成。

石港主断层为一长期活动的大断层，产生于燕山运动末期，终止于三垛期，以吴堡期最为活跃。沿断裂带分布有瓜园庄、花子沟（阮北）、阮南、北港、桥河口、淮胜、淮胜北、应集北、应集南、金南、泥沛等局部构造。总圈闭面积 37.79 平方公里。由于该构造带近临生油深凹，尤其北部桥河口一带应是找油的有利地带，并在桥 3 井阜二段见 2 层 5.2 米的油层，经酸化后获日产 9.1 吨油流。

(5) 唐港断裂构造带 位于汜水次凹西侧，南起淮建，北到宝应湖，全长约 20 公里。该构造带系由两条相反方向下掉的正断层所构成的地垒式断裂构造带，沿两条主干断层分布有淮建、通衢集、张庄、汪庄（唐东）、唐港等断鼻构造。总圈闭面积约 24.8 平方公里。

(6) 南部深凹带 位于唐港断裂构造带以东，以汊涧、龙岗和汜水三个次凹为主体，其间以不同类型的局部构造相隔。南部与石梁断阶、天长凸起、菱塘桥低凸起相接，东北部以柳堡断层与柳堡低凸起接壤。由于这些深凹是生油的有利场所，所以在其间发育的局部构造是油气聚集的有利地带，如张公铺、潘庄、王龙庄、乔田、卞塘、塔集等断鼻和闵桥断背等局部构造（前四者属安徽境内），均不同程度地见到了工业油流或油气显示。王龙庄断鼻已成为安徽石油勘探公司目前在天长地区的主力开采单元。

另外龙岗和汜水两次凹之间的闵桥断背，目前正为江苏石油勘探局所开采。该构造系由菱塘桥低凸起向西北延伸的古鼻状低隆起发展起来的背斜构造，后被吴堡运动产生的 8 条近东西向的正断层切割，构造顶部呈地堑下陷，形成 9 个南北向排列的下掉断块，顶部还有更次一级的小断层切割，使构造十分破碎，除顶部闵桥构造外，向西北尚有陈姚、高家祠、姜庄、塔集、卞塘等断鼻构造，圈闭面积约 33.5 平方公里。

(7) 南部断阶带—石梁断阶 位于金湖凹陷的最南部（安徽境内），由石梁断层和杨村断层所夹持，南部与苏南隆起区相接。由于在该区做工作较少，故略。

总计金湖凹陷江苏境内初步发现 47 个局部构造，总圈闭面积 205.99 平方公里，占凹陷面积（江苏部分）3200 平方公里的 6.40%，其中已钻探的 17 个，未钻探的 30 个；17 个已钻探的局部构造中见含油显示的 15 个，其中试获工业油气流的 5 个，占已钻构造的 33.3%（安徽境内的构造带及局部构造略）。

**二、下第三系沉积**

燕山运动使凹陷因受张应力作用而下沉，接受新生界沉积。沉积时受古水流的控制，砂体自北西向东南贯穿，顺着主水道方向砂体加厚，垂直河道方向砂体减薄，砂岩最大厚度 40 米，向闵桥方向减薄只有 3.5 米。各时期的砂体分别向北东、西南方向尖灭，古水系横

穿本区呈长条形。砂岩物性：平均孔隙度14.27%，平均渗透率$22.18\times10^{-3}$二次方微米。由于凹陷在发育和演化过程中，各发育演化阶段性质的不同，在沉积上也表现出明显的差异。

*1.早期充填沉积*

新生代早期的泰州组沉积，是在断陷盆地发育初期的充填沉积。主要分布在深凹及其邻近地区，广大的北部及西部斜坡没有沉积，故范围比较局限。阜一段时凹陷进一步下沉，同时周围隆起区进一步抬升，致使陆源水流活动加强，河流密集，形成广泛的泛滥平原相沉积（图2–8–9），多方向陆源水流注入，物源充足，河道砂体发育，主要河流来自西南的张八岭隆起与西部的建湖隆起，沿河道方向砂岩发育，分布稳定；垂直河道方向，砂岩变化大，呈透镜状分布。

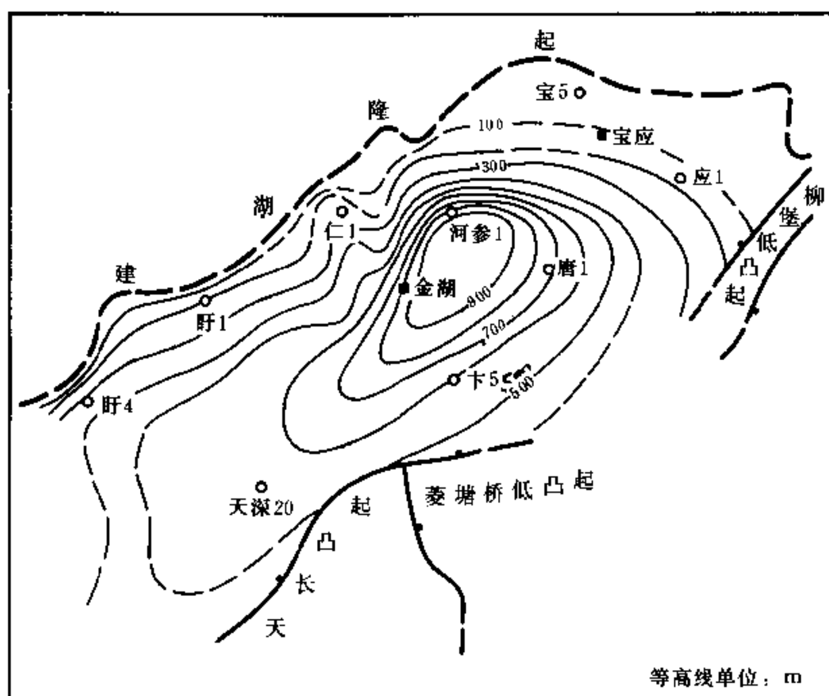



图2–8–9　金湖凹陷阜一段地层等厚图

*2.中期广湖相沉积*

1）阜二段时，湖盆在阜一段泛滥平原的基础上开始沉降，伴随着自东向西的海水侵入，形成了一个半封闭的湖相沉积环境，发育了一套暗色泥岩夹多种碳酸盐岩和砂岩。由于当时湖盆为一个南陡北缓的古地形，使沉积条件存在很大差异，岩性、岩相呈带分布。湖盆边缘近物源区碎屑含量高，粒度粗，以砂砾岩为主，如洪2井，砂砾岩占地层的50%，沉积砂岩占地层的73.6%；远离物源区碎屑含量减少，粒度变细，如东53井，没有砾岩沉积，沉积砂岩仅占地层厚度的4.3%；在地势相对隆起部位，主要发育以生物灰岩、生物碎屑灰岩、鲕状灰岩、碎屑灰岩为主的高能灰岩和生物礁，如宝应、刘庄、马坝和闵桥地区；在相对低凹的凹陷中心部位则发育了结晶灰岩、泥灰岩等低能灰岩和粉砂岩。

由于古地形地貌的差异，水动力条件的变化，海侵影响程度的不同，沉积具有明显的分带性。盆地边缘斜坡地带为滨岸亚相，水流搬运能力较弱，因而砂岩不发育。但在局部河流

入口处水流搬运较强，则形成小型的冲积扇，如共和集冲积扇。由于地形的复杂化，将凹陷分割成几个沉积中心，即龙岗次凹、三河次凹，推测可能还有汜水次凹。在中心部位沉积了厚度160米以上的暗色泥岩。而沉降中心则受石港断裂和杨村断裂控制，在桥3井—苏114井—乔田一带，形成了一个南北狭长的深凹，沉积厚度200米以上，沉积中心与沉降中心基本一致（图2-8-10a）。

2）阜三段沉积时，湖盆略有上升，随着海水的退出，陆源水流加强，发育了多套水退性的砂、泥岩沉积。在凹陷的西南部由于来自张八岭隆起强大水流的影响，在汊涧、泥沛、马坝、大通一带形成河流三角洲相沉积，汊涧以西为前三角洲沉积，汊涧以东至崔庄、金南地区为三角洲前缘沉积，砂岩比较发育，各种交错层理、卷曲层理、斜层理与波状层理变化多端，反映三角洲前缘河道复杂多变的特点。远离张八岭水流的西北边缘斜坡，仍然表现为滨湖相沉积的特点。三河次凹一带湖水相对较深，沉积物较细，以暗色泥岩为主，夹少量薄层砂岩，属浅湖一较深湖亚相（图2-8-10b）。

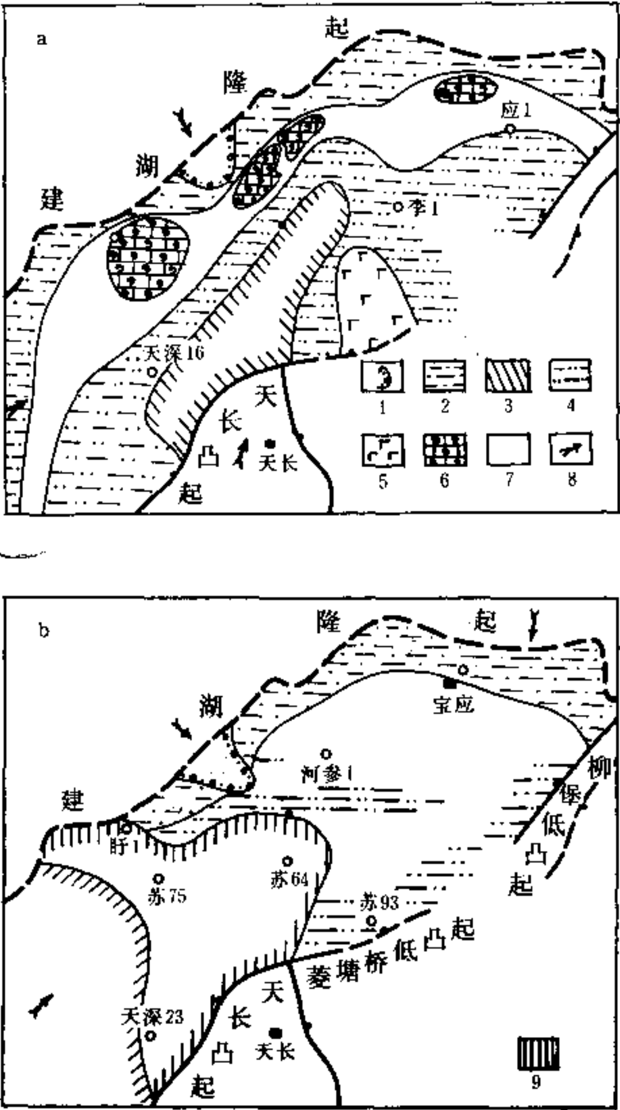



图2-8-10 金湖凹陷阜二、三段沉积条件图

a—阜二段沉积条件图；b—阜三段沉积条件图；1—水下扇；2—滨湖；3—较深湖；4—浅湖；5—玄武岩台坪；6—生物灰岩发育区；7—岸外浅滩；8—物源方向；9—三角洲前缘

由于阜二段沉积期几个潜伏隆起的消失，西北为宽缓的斜坡，尤其是北东方向变得极为宽缓。此时，沉积中心在三河次凹一带，而沉降中心移到了大通镇一带。

3）阜四段沉积时，湖盆转为下沉，陆源水流极不活跃，并有较轻微的海侵，后期又较为回返上升，顶部沉积了30～50米厚的褐色、棕红色泥岩，反映了湖盆上升时期的沉积，由于阜四段处于旋回的末期，湖盆长期下沉，边缘地区长期剥蚀，在湖泊再度上升后，古地形差异变小，陆源水流微弱，几乎没有碎屑进入，沉积单调。

*3.后期湖泊—河流相沉积*

1）吴堡运动之后，湖盆转为下沉，戴南组下部地层为充填沉积，地层主要沉积在深凹带中，后期水域进一步扩大，水流搬运能力加强，沉积范围扩大，进行了一次区域填平，开始了泛滥平原上的河流相沉积。

2）三垛组沉积早期也表现一定的充填沉积特点，不久即填平补齐，此后一直到三垛组

沉积末，水动力搬运能力特别强烈，碎屑沉积大大增加，特别是粗碎屑在垛二段发育，反映了强水流条件下的河流泛滥平原沉积。

*4.末期河流泛滥平原沉积*

凹陷发育的末期，断陷活动趋于停止，进入萎缩阶段，湖盆进一步夷平，最终变成平原，强烈的水流使之形成泛滥平原，沉积了盐城组大套以粗碎屑为主要特征的地层。

**三、油气地质条件**

*1.生油层*

金湖凹陷生油层为阜宁组二、三、四段湖相深灰色泥岩，具有厚度大、分布广、有机质丰富、地球化学指标高等特点。

(1) 分布　阜二—四段深灰色泥岩，全凹陷都有分布，累计厚度最大可达600～800米。阜二段厚度一般大于100米，最大175米（三河次凹）；阜三段一般厚度大于100米，最大162.5米（唐港）；阜四段一般大于300米，最厚大于400米（龙岗次凹）。

(2) 指标　根据岩石化学资料分析：江苏境内阜宁组地层的有机碳含量大于0.74%，最高1.61%；氯仿沥青"A"大于0.021%，最高0.287%；总烃大于149ppm，最高622ppm。

阜二段在大部分地区内有机碳含量大于1.25%，最高1.61%；氯仿沥青"A"大于0.1%，最高0.287%；干酪根类型以混合Ⅰ型为主，混合Ⅱ型次之，为最佳生油层段。阜四段略次于阜二段，它们都是有利生油层。阜三段岩石化学指标较差，为较有利生油层（见表2–8–3）。

**表2–8–3　江苏境内生油层分析评价表**

| 层　段 | 生油层厚度(m) | 有机碳含量(%) | 沥青"A"含量(%) | 总烃含量(ppm) | 干酪根类型 | 评　价 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 阜四段 | 100.0～300.0 | 1.385 | 0.09 | 379.0 | $Ⅱ_1$型为主，$Ⅱ_2$、Ⅲ型次之 | 有利生油层 |
| 阜三段 | 100.0～162.5 | 1.0 | 0.032 | 149.0 | $Ⅱ_2$、Ⅲ型为主，$Ⅱ_1$型次之 | 较有利生油层 |
| 阜二段 | 100.0～175.0 | 1.27 | 0.128 | 622.0 | $Ⅱ_1$型为主，Ⅰ、$Ⅱ_2$型次之 | 有利生油层 |

(3) 地球化学环境　阜二段沉积时，因受海侵的影响，水介质有一定的盐度，特别是中后期盐度相当高，属于还原—强还原环境，非常有利于有机质的保存。阜三段沉积时，由于陆源水流搬运能力加强，盆地内进入了大量陆源碎屑，$C_{25}$、$C_{27}$、$C_{29}$等奇数正烷烃值增高，表现为奇碳优势，而植烷与姥鲛烷相比也占优势，表明此时湖盆处于弱还原环境，局部可出现弱氧化环境，因此对有机质的保存不是非常有利的。阜四段沉积时，又有微弱海侵的影响，水介质具有轻微的含盐度，同样陆源水流的微弱，湖盆具有一定的闭塞性，岩石中具有大量分散状的原生黄铁矿晶粒，说明也是还原环境中的沉积，对有机质的保存也为有利。

(4) 演化

1)地温梯度。通过对9口井地温资料的分析，认为本区地温梯度较高。闵桥油田有4口井进行了地温测量，发现具有高地温特征，地温梯度3.37℃／100米以上，平均3.55℃／100米；刘庄油气田所测5口井的平均地温梯度4.25℃／100米，这对有机质转化十分有利。造成本区地温异常的地质因素，主要与岩浆活动及通过断裂时的余热烘烤有关。

2）演化情况。由于本区生油岩演化资料不多，考虑到阜四段和阜二段生油岩母质类型基本相似，只作了阜四段生油岩热演化曲线，进行综合分析，同时又结合桥1、雷1、雷2、河参1井的地球化学综合剖面进行分析，认为江苏境内-2000米深度，温度88℃，沥青转化率大于5，烃转化率大于2，OEP值1.1，氯仿沥青"A"0.0858，总烃320ppm，主峰碳为$C_{23}$，已接近成熟条件，故其生油门限为-2000米。

*2.储集层*

金湖凹陷第三系储集层主要有砂岩和碳酸盐岩两种，而后者尤为重要。储集空间主要是原生孔隙型。

（1）砂岩储集层　自下而上有阜一段顶部，阜二段，阜三段，戴一段，戴二段，垛一段共六套，其中前四套已获得工业油气流。

1）阜一段顶部砂岩。阜一段为河流相沉积，河流相砂岩比较发育，总厚度约150～300米左右，单层厚度3～5米，最大10米。其发育与展布受古水流控制。地形低凹处砂岩发育，如雷1井348.5米，河参1井303.5米，崔1井239米；而隆起部位相对较薄。

砂岩物性变化一般由边缘向中心逐渐变差（图2-8-11a），如刘庄地区物性较好，孔隙度21.22～28.42%，渗透率一般$100\times10^{-3}$～$200\times10^{-3}$二次方微米，斜坡带孔隙度10～20%，渗透率$5\times10^{-3}$～$10\times10^{-3}$二次方微米；深凹带孔隙度小于10%，渗透率$1\times10^{-3}$二次方微米左右。

2）阜二段岸外浅滩砂体与三角洲前缘砂体。由于阜二段沉积时，陆源水流微弱，砂岩很不发育。但在继承性水流流经的地区，砂岩相对发育。如共和集—刘庄南—雷庄—吕良一线，厚度大于30米。这是在有微地形起伏和水下残留河道存在的条件下，在河道中形成的一些河道砂体（心滩、边滩、砂坝等）沉积（图2-8-11b）。

砂岩物性变化与阜一段基本相似，滨岸地带物性较好，深凹地带较差。刘庄地区孔隙度15～28%，最大41.59%，渗透率$200\times10^{-3}$～$300\times10^{-3}$二次方微米；斜坡带孔隙度10～18.76%，渗透率$10\times10^{-3}$～$40\times10^{-3}$二次方微米；深凹带孔隙度小于10%，渗透率小于$1\times10^{-3}$二次方微米。

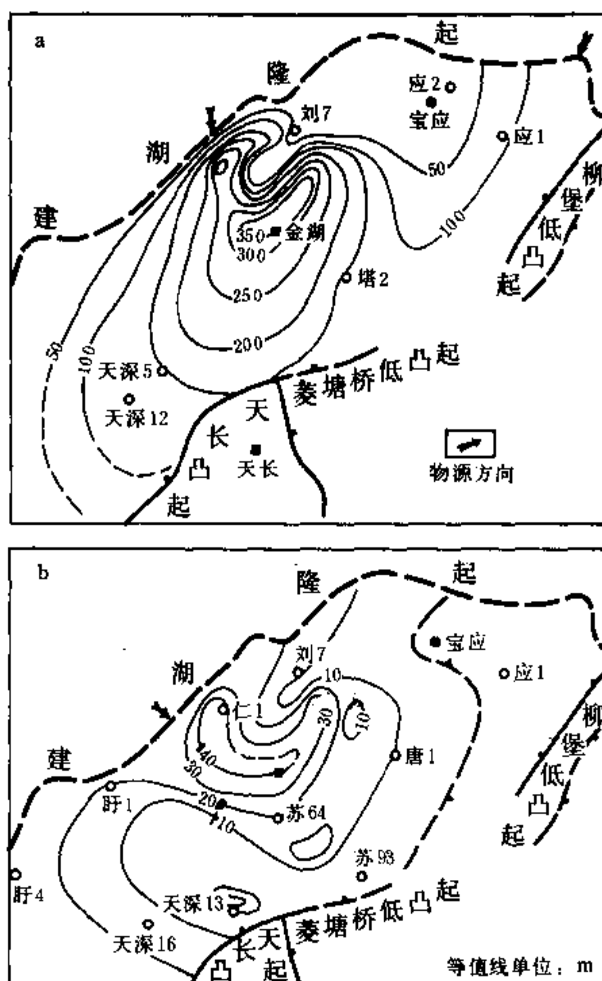



图2-8-11　金湖凹陷阜一、二段砂岩分布图

a—阜一段砂岩分布图；b—阜二段砂岩分布图

3）阜三段三角洲砂体。阜三段沉积时，有自张八岭隆起而来的强大水流，形成面积约1000平方公里的大型三角洲沉积，主体部位砂岩厚度100～150米左右，江苏境内的崔庄、金南地区处于其前缘部位，砂

岩厚度 40～70 米，砂泥比约在 30%左右，向盆地中央逐渐减薄尖灭（图 2-8-12）。边缘部位孔隙度大于 25%，深凹区小于 15%，前缘带则为 15～25%。

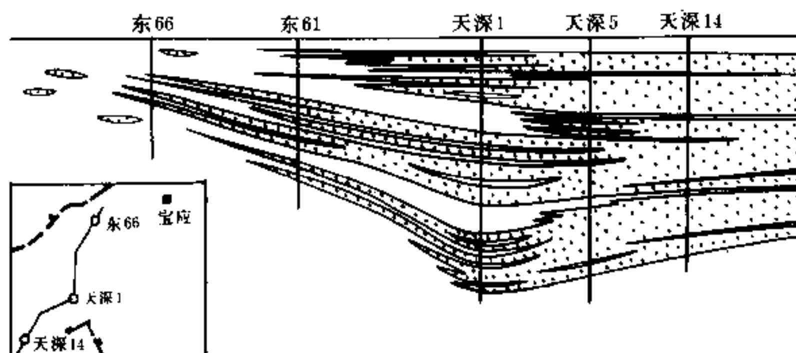



图 2-8-12　金湖凹陷阜二段泥沛砂体剖面示意图

此外，在东北部的宝应地区有一砂岩体，前缘可延伸至唐港地区，推测汜水次凹北坡应有其分布。闵桥地区可能有来自南部天长凸起的物源形成的砂体，在闵桥地区阜二段砂岩（苏 85 井）获得工业油流，这些都是今后值得注意的。

4）戴一段砂岩。戴一段砂岩比较发育，其沉积受古地形控制明显，砂岩最发育的地区是在深凹部位。龙岗次凹厚度最大，大于 250 米，砂岩含量大于 45%，三河次凹减薄为 100 米左右，向西、北、东三个方向都减薄，最后超覆尖灭于古斜坡和古隆起（闵桥）斜坡上。

凹陷南部砂岩发育，但顶部缺少泥岩盖层，向北砂岩逐渐减薄，泥岩逐渐发育，可以形成一定的储盖组合，如石港断裂北端，砂岩含量 30～40%，顶部有 20 米左右泥岩作盖层，可以形成储盖组合条件，物性也较好，淮胜构造苏 147 井，孔隙度 25.9%，渗透率 $304.4\times10^{-3}$ 二次方微米，测试日产原油 20.9 立方米，是寻找戴一段油藏的有利地区。另外，近西部斜坡的刘庄构造东翼，存在着戴一段地层超覆尖灭线，是寻找地层超覆尖灭、岩性上倾尖灭油气藏的有利地区。

5）戴二段砂岩。戴二段沉积与戴一段有相似之处，只是水动力更强，碎屑沉积更为发育，其分布范围更广。早期充填，后期剥蚀，剥蚀尖灭线在刘庄以西。因此，斜坡带上可能存在砂岩上倾尖灭带，是找油的有利地区。

6）垛一段砂岩。垛一段沉积与戴南组相似，物源主要来自南部的天长凸起，沿深凹带进入湖盆中心，然后逐渐向外扩大。因此深凹带砂岩发育，砂岩含量高，一般可达 30～50%，最高 65%。

（2）碳酸盐岩储集层　本区的碳酸盐岩储集层，主要发育在阜二段有利相带内。在西北斜坡古隆起背景上的岸外浅滩亚相和东南部低隆台坪亚相内，由于水体浅而平静，阳光、食物充足，是各种水生生物良好的生长、繁殖、埋藏的场所。因此，各类与生物因素有关的碳酸盐岩发育，类型多，既有造礁生物（藻类、龙介虫）形成的礁灰岩，又有碎屑沉积的碎屑灰岩，对油气的储集非常有利。

西北斜坡带上的生物灰岩呈条带状富集，东自宝应，经刘庄、崔庄、向南延到马坝地区，大致平行于古湖岸线分布。该带中又形成宝应、兴隆集、刘庄、马坝四个富集区，在富集区内，生物灰岩厚度大于 10 米，最大可达 34.5 米以上（图 2-8-13）。

从钻探程度较高的刘庄富集区分析，其外形极不规则，特别是迎风的东北侧，边界凹凸不平，并有垮塌的角砾岩建造，推测可能为生物礁。物性条件较好，孔隙度 15～30%，最高 34.14%，渗透率最大 $140.2\times10^{-3}$ 二次方微米，为刘庄油气田的主要生产层。

东南部的闵桥低隆台坪亚相，是在阜一段岩浆大量喷发出露地表后，微弱下沉的火成岩台坪，其上生物灰岩较为发育，一般厚度大于 5 米。物性较好，已获得工业油流。

类似上述有利地区，如白马湖及东西两侧，刘庄南的高集地区应引起重视。

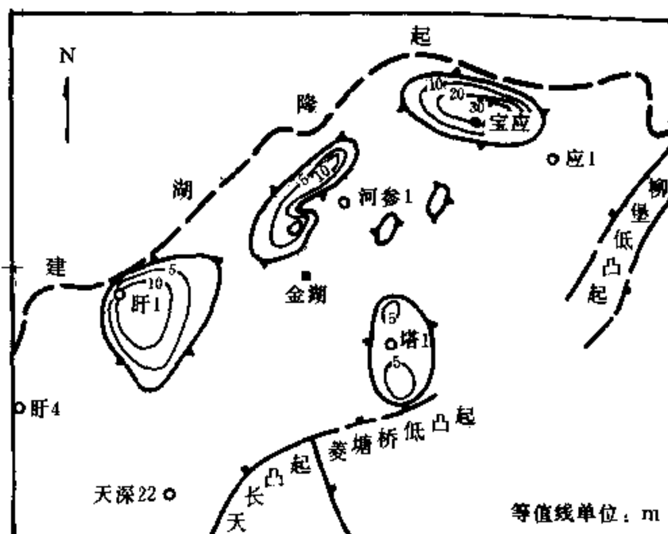



图 2-8-13 金湖凹陷阜二段生物碎屑灰岩分布图

3.生、储、盖组合

(1) 盖层条件 金湖凹陷存在着两种类型的盖层：一是区域性盖层，为湖相稳定环境的沉积，即阜二段和阜四段；二是地区性盖层，主要是某一地区、某一部分地层形成的盖层，主要有戴一段顶部、戴二段顶部、垛一段顶部泥岩。

(2) 生储盖组合 根据生油层与储盖层的配置组合关系，将本区生储盖组合分为三类四套：

1) 正常旋回式组合。即生油层在下，储集层居中，盖层在上。如：①阜二段生油层，阜三段储集层，阜四段盖层。②阜二—阜四段生油层，戴一段下部储集层，戴一段顶部盖层。

2) 侧向组合。因断层上盘、下盘两侧的新老地层的接触，构成生、储、盖地层的侧向组合。

3) 自生自储组合。即生、储、盖层均为同一层段，如阜二、阜三段生油层，阜二、阜三段储集层，阜二、阜三段盖层。

4.油气分布特点

1) 临近生油凹陷的各二级构造带是油气运移和聚集的有利地区。金湖凹陷是吴堡期盆地解体后形成的次一级凹陷，构造的基本格局，南为龙岗深凹，北为三河次凹，由于强烈的断裂活动，使原来北北东向的构造逐渐转化为北东向构造，由此形成了北东向刘庄断裂构造带、石港断裂构造带、卞闵杨构造断裂带，围绕着凹陷呈北东向展布。戴南组、三垛组沉积时，北西向断裂发育，使原来北东向的构造进一步发育，并使之复杂化，为油气的运移、储集提供了条件，因而刘庄断裂带、石港断裂带是邻近三河次凹的有利油气聚集区。

钻探资料说明，围绕着龙岗、三河次凹分布的构造，邻近生油凹陷的含油构造油质最好。卞闵杨构造断裂带以最靠近龙岗凹陷的杨家坝构造阜二段原油密度最小，远离龙岗凹陷的李庄构造原油密度最大。凹陷西斜坡上以崔庄含油构造原油性质较好，刘庄油气田原油性质较差。

2) 主断裂和分断层，断面弯曲，在平面上呈弧形环绕生油凹陷。阜二段中下部七尖峰

顶近 60～70 米厚的地层是本区分布稳定的生油岩，有机质丰度高，母质类型好，为优质生油岩。阜二段的沉积是在阜一段火成岩台基础上发育形成较闭塞湖湾区，形成高盐度、强还原卤化环境。有利于有机质的热演化，生油岩达到 1500 米深度即开始成熟，在 1500～2000 米为有效生油岩成熟区，为形成原生油气藏提供了物质基础。

3）纵向上油气显示层位多、类型多，具三套含油层。阜一段、阜二段、阜三段三套含油层，累计含油井段长达 500 米，有砂岩、碳酸盐岩、玄武岩储油层，储油类型有砂岩孔隙、石灰岩晶洞、溶孔和裂缝、玄武岩裂隙。这些油层埋深在 1200～1800 米左右，以成岩作用的阶段划分，1200～1800 米以溶蚀作用为主，以长石、岩屑等不稳定组分的溶蚀形成大量次生孔隙。孔隙度随埋深而变化，在埋深大于 1200 米时，孔隙度出现反增大，初步认为本区 1200～1800 米是有利于油气聚集的次生孔隙带。

**四、有利地区评价**

*1.油气显示及含油层系*

凹陷内（江苏地区）已钻的 98 口井中，见到油气显示的有 76 口，主要分布在阜一段、阜二段、阜三段、阜四段、戴一段五个层系。获得工业油气流的 25 口井，分别为阜一段、阜二段、阜三段、戴一段四个层系。目前认为，这四套层系是本凹陷主要含油层和勘探目的层，另外，推测在好的岩相带内，戴二段、垛一段和泰州组上部也有可能成为有利的含油层系与勘探目的层。

*2.主要圈闭构造*

前文指出在金湖凹陷（江苏境内）目前已发现构造圈闭 47 个，总面积 205.09 平方公里。这些构造多受主干断层活动的控制，一般为主断层发育过程中所产生。现将主要构造简述如下：

（1）淮胜断鼻构造　该构造位于石港大断层中部上升盘一侧，为一东倾断鼻构造。地震 $T_4^0$、$T_3^3$、$T_3^0$、$T_2^3$ 四个反射层均有构造显示，$T_3^3$ 构造层圈闭面积最大，为 6.2 平方公里。由于主干断层落差大（约 300～400 米），致使构造上的阜一、二段储集层直接与下降盘的阜二—阜四段生油层接触，戴一段储集层通过断层与生油层相通，构造油气运移通道，为油气聚集创造了有利条件。目前已钻井 2 口，苏 147 井于戴一段获工业油流。

（2）金南断鼻构造　位于石港断裂带南端上升盘一侧，地震 $T_3^3$、$T_3^0$、$T_2^3$ 反射层均为东南倾断鼻构造，又被小断层切割成若干断块，$T_3^3$ 构造层分为五个断块，合计圈闭面积 7.85 平方公里。构造于阜二段沉积前已具雏形，在吴堡运动期，随着断裂的进一步活动，构造发育达到高潮，三垛运动最后定型。该构造的油气聚集条件与淮胜构造相似。已钻井 4 口，其中 3 口井见油气显示，并在苏 64 井阜一、二、三段和戴一段四个层位见到含油显示 32 层，厚 64.737 米，但由于该地区地震资料品质差，构造不落实，未获工业油流。

（3）崔庄断鼻构造　位于刘庄断裂带南部刘庄断层上升盘一侧，地震 $T_3^0$、$T_2^3$ 反射层均为断鼻，东倾可靠，南倾和北倾也有显示。构造复杂，被小断层切割成四个断块，$T_3^3$ 构造层圈闭面积 3.82 平方公里。据岩相条件分析，该处是阜二段生物灰岩富集区，阜三段为三角洲前缘砂体，储集条件好，含油有利。该构造曾于 1976 年钻了崔 1 井，在阜二段见两层 4 米油斑砂岩，试油仅见到少量油花。后经进一步研究分析，该井未钻在构造的主要断块高点上而落空。

（4）张家庄构造　位于崔庄构造北，同属刘庄断裂带刘庄断层上升盘的断鼻构造，地震 $T_3^3$、$T_3^0$、$T_2^3$ 反射层有显示，$T_3^3$ 构造层圈闭面积 5.6 平方公里。构造被断层切割成三块。其

岩相及储集条件与崔庄构造相似。

(5) 桥河口断鼻构造　该构造位于石港断裂带主断层下降盘一侧，为主断层与其派生的羽状断层所夹持的断块圈闭。地震 $T_3^3$、$T_3^0$ 反射层构造均被分为四块，$T_2^3$ 层两块，断块小，总圈闭面积 2.5 平方公里。

以上构造的分布具有一定的规律性。初步认为:①各类构造圈闭的形成、发育与展布严格受二级构造带的控制，这是因为它们的形成与发育都受主干断层的制约，是主干断层的派生产物。②主断层上升盘一侧断鼻构造发育，并且相对简单、完整。③主断层下降盘一侧以断块构造为主，相对复杂、狭小。④深凹带外侧的内斜坡地带是地层、岩性油气藏出现的最有利地区。

3.分区评价

(1) 一类地区——石港断裂构造带

近邻三河生油深凹，油源充足；戴一段地层储盖组合好；处于金湖凹陷中央，其上升盘相对两侧深凹位置较高，有利于油气的运移；局部构造较发育。目前已发现 11 个局部构造，圈闭面积 37.79 平方公里，其中 4 个主要圈闭的总资源量近千万吨，占凹陷总资源量的 35.0%。

(2) 二类地区

1) 刘庄断裂构造带。处于阜二段有利岩相带内，储集条件好，特别东部的白马湖地区相带更为有利；面临三河生油深凹，油源充足；长期处于隆起部位，有利于油气的富集；有西掉的反向正断层，形成区域封堵条件。

2) 汜水次凹两翼（闵桥东部、汜水镇地区）。临近汜水次凹，有充足的油源供给；闵桥东翼，阜二、三段储集层可能较发育；汜水镇地区可能处于阜三段宝应砂体前缘带，戴一段地层有一定的储盖组合；位于汜水次凹两翼，具有油气富集的条件；面积较大，勘探程度低，有发展前景。

(3) 三类地区

1) 三河深凹带。寻找河道砂体、浊积砂体等岩性油藏有一定潜力。

2) 宝应斜坡（北部斜坡）带。寻找地层油藏与古潜山油藏有希望。

综合上述有利的石油地质条件，用沥青“A”法计算残余生油量 13.01 亿吨，资源量数千万吨，其中江苏境内残余生油量 7.74 亿吨，是一个具有油气勘探前景的地区。

## 第三节　海 安 凹 陷

海安凹陷位于江苏省东部，东临黄海，跨泰县、海安、东台三县，面积 3500 平方公里；构造上处于苏北盆地东南缘，北邻小海凸起，南接通扬隆起，西至泰州凸起、梁垛低凸起，东到三仓低凸起及海边，与南黄海勿南沙隆起相接。在区域概查的基础上，华东石油勘探局于 1963～1965 年在凹陷内钻了探井梁 1 和灶参 1、灶参 2 两口参数井，发现凹陷有 500 米厚的阜宁—泰州组暗色泥岩，并在灶参 1 井阜三段见到一层 2.5 米的油斑砂岩，从而肯定了该凹陷是一个生储盖条件比较良好的凹陷。由地质矿产部江苏石油勘探指挥部继续进行普查勘探，发现了张家垛含油构造。1981 年，江苏石油勘探局又于唐洋地区以一个队年的试验工作量、完成模拟测线 158.65 公里。1982 年开始，在该凹陷全面开展详查。详查区西起 NH760 测线，东到 NH1360 测线，南至通扬隆起，北到梁垛低凸起及小海凸起，面积约

2000平方公里。钻探井6口（安1，张1，安2，安3，安4，凌1），到1984年底，完成了“海安凹陷石油地质评价报告”，1986年以后，又相继发现了安丰油田和梁垛、张家灶两个含油构造。

一、地质特征

海安凹陷在区域重力场反映为北东—北北东向的重力低，重力值最低部位在曲塘镇附近，最低布格重力值为−19毫伽，相邻的泰州（低）凸起最高值为−2毫伽，相接于南的通扬隆起区近临曲塘重力低处最高值为+1毫伽，突出地显示了海安凹陷在苏北盆地的区域地质构造面貌。

构造可区划为二个斜坡带，二个深凹带和一个断隆带（见表2−3−6），其中北部深凹带包括二个次凹，即孙家洼次凹和富安次凹；南部深凹带包括曲塘次凹和海北次凹。地震资料揭示，凹陷内新生界地层齐全，其最大厚度5200米。总体上海安凹陷与东台坳陷内诸凹陷有着相似的地质特征和发展历史，但又独具特点，概括起来有：

*1.具强烈的分割性*

凹陷内有北东、北西及近东西向三组断裂。其中，曲北、海西、立发、北凌、富安、富东、安丰断层及梁垛断层构成凹陷的边界或将凹陷切割成次一级的构造单元。因受众多断层的切割，凹陷的构造面貌显得较为复杂，但其基本构造格局仍可划为“两坡四凹一块”（见表2−8−4），这些坡、凹、块被断层进一步分割，形成更次级的分散的构造面貌。如曲塘次凹又被曲南断层切割成为曲北主凹和曲南浅凹，中部断隆带东部新街断层下降盘形成的新街浅凹等（图2−8−14）。所以，强烈切割是海安凹陷的突出特点。

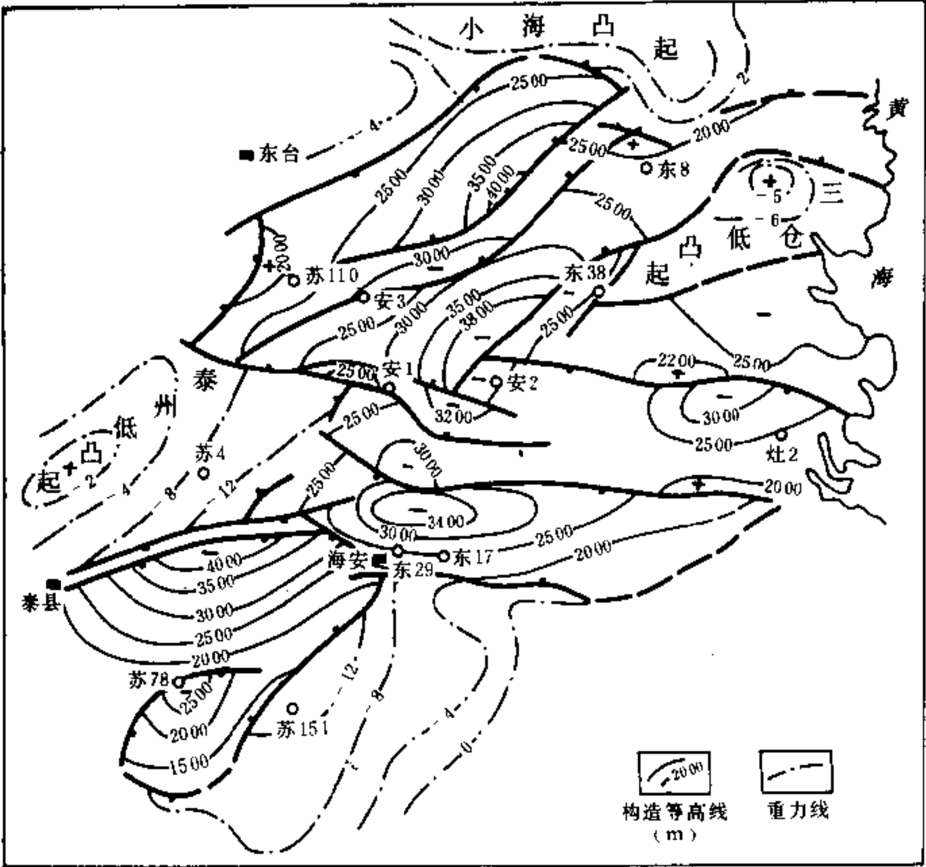



图2−8−14　海安凹陷区域构造图

表 2-8-4　海安凹陷构造区划及地层分布表

| 二级构造 | 三级构造（负向） | 新生界最大厚度(m) | 上第三系最大厚度(m) | 下第三系最大厚度(m) | 阜宁组厚度(m) | 面积($km^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 北部斜坡带 | | | | | | |
| 北部深凹带 | 孙家洼次凹 | 4700 | 1800 | 2600 | 1400 | 390 |
| | 富安次凹 | 5000 | 1950 | 2750 | 1500 | 400 |
| 中部断隆带 | | 4250 | 1750 | 2200 | 1100 | 670 |
| 南部深凹带 | 海北次凹 | 4300 | 1650 | 2350 | 1100 | 310 |
| | 曲塘次凹 | 5200 | 1500 | 3400 | 1500 | 430 |
| 南部斜坡带 | | | | | | |

*2.构造运动频繁*

吴堡运动和真武运动极其强烈（见表 2–8–5），造成凹陷内阜宁组遭到强烈剥蚀，戴南组为充填式沉积分布零散。三垛运动以后，总的构造活动微弱，处于比较平静时期。

表 2-8-5　海安凹陷新生代构造运动简表

| 地层 | | | | 东台坳陷建立的构造运动 | 海安凹陷存在的构造运动 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 系 | 统 | 组 | 段 | | 构造运动 | 性质及表现 |
| 第四系 | 全更新统 | 东台组 | | | | |
| 上第三系 | 上、中新统 | 盐城组 | | ——东台运动—— | ——东台运动—— | ——上升剥蚀——<br>披覆 |
| 下第三系 | 渐—始新统 | 三垛组 | | ~~~~三垛运动~~~~ | ~~~~三垛运动~~~~ | ~~~~上升剥蚀~~~~<br>断裂 |
| | | 戴南组 | | ~~~~真武运动~~~~ | ~~~~真武运动~~~~ | ~~~~上升剥蚀~~~~<br>断裂 |
| | 始—古新统 | 阜宁组 | | ~~~~吴堡运动~~~~ | ~~~~吴堡运动~~~~ | ~~~~上升剥蚀~~~~<br>块断 |
| | | 泰州组 | | | ——海安运动—— | ——上升剥蚀——<br>超覆 |
| 白垩系 | 上统 | 赤山组 | | ~~~~仪征运动~~~~ | ~~~~仪征运动~~~~ | ~~~~上升剥蚀~~~~<br>断裂 |

*3.第三系岩性及其分布*

第三系地层岩性及其分布具有四个明显特征（表 2–8–6）。

1）上第三系盐城组巨厚。据地震资料盐城组最大厚度可达 2300 米，一般在 1000~1800 米。有南薄北厚，西薄东厚的趋势。

表 2－8－6 海安凹陷地层简表

| 地层 | | | | | | 地震反射层 | 厚度（m） | | | 岩性简述 | 标志层 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 界 | 系 | 统 | 组 | 段 | 代号 | | 一般 | 钻井最大厚度 | 地震最大厚度 | | |
| 新生界 | 第四系 | 全更新统 | 东台组 | | Qd | | 250 ~ 300 | 328 | | 杂色粘土、流砂、砾石层 | |
| | 上第三系 | 上—中新统 | 盐城组 | 二段 | $Ny^2$ | $T_1^2$ | 600 ~ 800 | 856 | 1000 | 杂色泥岩与砂岩、砂、砾岩互层 | |
| | | | | 一段 | $Ny^1$ | $T_2^0$ | 400 ~ 1000 | 860 | 1300 | 棕红色泥岩与砂岩、砾岩互层 | 绿泥岩 |
| | 下第三系 | 渐—始新统 | 三垛组 | 二段 | $Es^2$ | $T_2^2$ | 200 ~ 500 | 600 | 630 | 棕红色泥岩夹粉砂岩，砂岩泥岩互层 | 灰泥岩 |
| | | | | 一段 | $Es^1$ | $T_2^3$ | 200 ~ 500 | 495 | 600 | 棕红色泥岩含膏，灰泥岩、砂岩互层 | 黑泥岩 |
| | | | 戴南组 | 二段 | $Ed^2$ | | 0 ~ 300 | 296 | 450 | 棕、灰、深灰色泥岩，夹粉砂岩 | 五高导 |
| | | | | 一段 | $Ed^1$ | $T_3^0$ | | | | 灰、黑色泥岩，砂、泥岩互层 | |
| | | 始—古新统 | 阜宁组 | 四段 | $Ef^4$ | | 0 ~ 300 | 260 | 400 | 泥岩夹薄层泥灰岩，下部灰黑色泥岩 | 弹簧段 |
| | | | | 三段 | $Ef^3$ | | 145 ~ 180 | 238 | 250 | 灰黑色泥岩与灰色砂岩互层 | |
| | | | | 二段 | $Ef^2$ | $T_3^3$ | 180 ~ 230 | 226 | 350 | 灰黑色泥岩夹泥云岩 | 七尖峰 |
| | | | | 一段 | $Ef^1$ | $T_3^4$ | 250 ~ 450 | 414 | 600 | 上部灰黑色泥岩，下部棕色砂、泥岩互层 | |
| | | | | | | $T_4^0$ | 100 ~ 320 | 320 | 350 | 上部棕深灰色砂泥岩互层，下部灰黑色泥岩与砂砾岩互层 | 泥灰岩 |
| 中生界 | 白垩系 | 上统 | 赤山组 | | $K_2c$ | | | | | | |
| | | | 浦口组 | | $K_2p$ | | | | | | |

2）三垛组、戴南组的沉积受断陷控制。三垛组一般厚400～700米，在次凹深洼最大厚度可达1230米。而戴南组仅仅分布于几个次凹深洼部分，曲塘次凹最厚，也仅450米。

3）阜宁组岩性厚度较稳定，粒度比其它凹陷显著变细。阜二段无砂岩；阜一段仅底部100米范围为砂、泥岩互层段，向上为深灰、灰黑色泥岩及棕色泥岩；阜三段岩性分区性强，可分三个区（图2–8–15）。

三角洲砂岩区：孙家洼次凹及富安次凹西北部，砂、泥岩呈互层状，砂岩累计厚度30～60米，砂岩百分含量25～40%。

含砂泥岩区：富安次凹南部及曲塘次凹张1—东21井一线以北，砂岩累计厚度10～20米，砂岩百分含量5～20%。

泥岩区：中部断隆带和曲塘、海北次凹的大部分地区，砂岩累计厚度小于10米，绝大部分地区小于5米，砂岩百分含量小于5%。

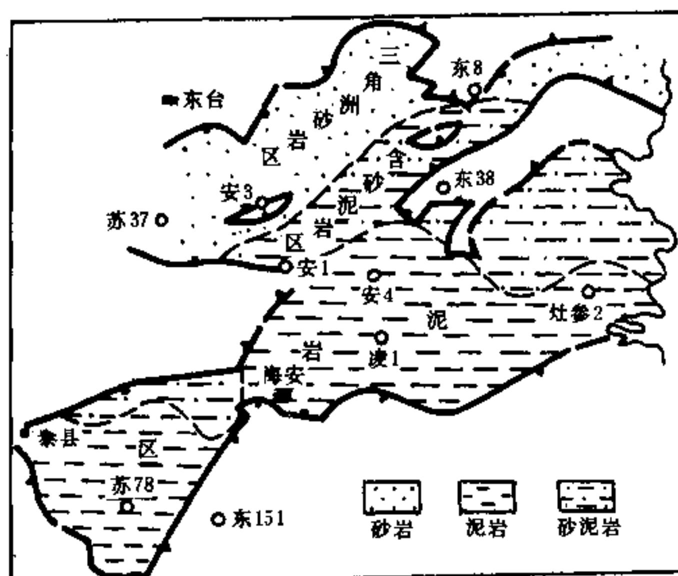


图2–8–15　海安凹陷阜三段岩性分区图

4）下第三系多数组段岩性两分性特征明显，如垛二段上部为棕红、灰绿色泥岩，下部为棕红色泥岩与灰色、棕色粉砂岩、细砂岩互层；垛一段中、上部为棕红色泥岩、含膏泥岩，下部为棕色及深灰色泥岩与砂岩互层，底部一般为块状砂岩，含砾砂岩；戴二段为棕色、灰紫色及深灰色泥岩，戴一段为深灰、灰黑色泥岩与砂岩互层；阜一段底部为砂、泥岩互层，其上均为泥岩，泰州组亦是如此。

*4.火成岩发育*

海安地区岩浆活动频繁，火成岩较多，纵向上有四期火成岩（图2–8–16a）。

（1）侏罗纪火成岩　航磁资料在海安曲塘地区有一较大的100伽马的磁力高，钻井、地震资料揭示它不是浅部火山岩的反映，故推测为深部侏罗纪火山岩体的显示。据区域资料，侏罗纪火山岩为中性的安山岩、粗面岩及酸性的流纹岩。平面上为面积达200平方公里的岩体。

（2）晚白垩纪火成岩　苏4、苏35、苏37、苏94、黄1井及安1井六口井钻遇此期火成岩。前五口井为中性喷发岩安山岩粗面岩，安1井为酸性花岗玢岩侵入岩。层位上火成岩分布在泰州组之下浦口组之上。平面上分三个岩体：

1）瓦南安山岩粗面岩体，面积116平方公里，苏35井厚达331米，苏4井厚144米（未钻穿）。

2）黄桥北安山岩粗面岩体，面积大于50平方公里，黄1井钻遇厚度286.5米（未钻穿）。

3）富南花岗玢岩体，面积10平方公里，安1井钻达厚度129米（未钻穿）。

(3) 阜宁期火成岩　灶参 1、安 2 井阜三段钻遇玄武岩，有三组，分布于阜三段上、中、下部，灶参 1 井累计玄武岩厚 30.5 米。安 4 井于阜三段、阜二段钻遇两层辉绿岩，分别厚 118 米及 41.5 米。地震剖面上显示特征清楚。初步分析，本期火成岩为玄武岩和辉绿岩的复合岩体，为同时异相产物，面积达 180 平方公里。现命名为张灶玄武岩体。

(4) 三垛期火成岩　位于垛一段下部，为基性喷发的玄武岩。苏 110、苏 35、苏 4、苏 88、张 1、苏 78、苏 151 七口井钻遇，地震资料亦很清楚。厚 4～42 米，平面上分为两个岩体。海西玄武岩体，面积约 500 平方公里，梁垛玄武岩体，面积 60 平方公里。

本区火成岩分布有两个特点。第一，纵向上由中酸性向基性演变。第二，平面上除张灶玄武岩体外，其它诸岩体在西部地区迭合成片，面积达 1000 平方公里。所以，总体上海安西部地区北东部地区火成岩发育。

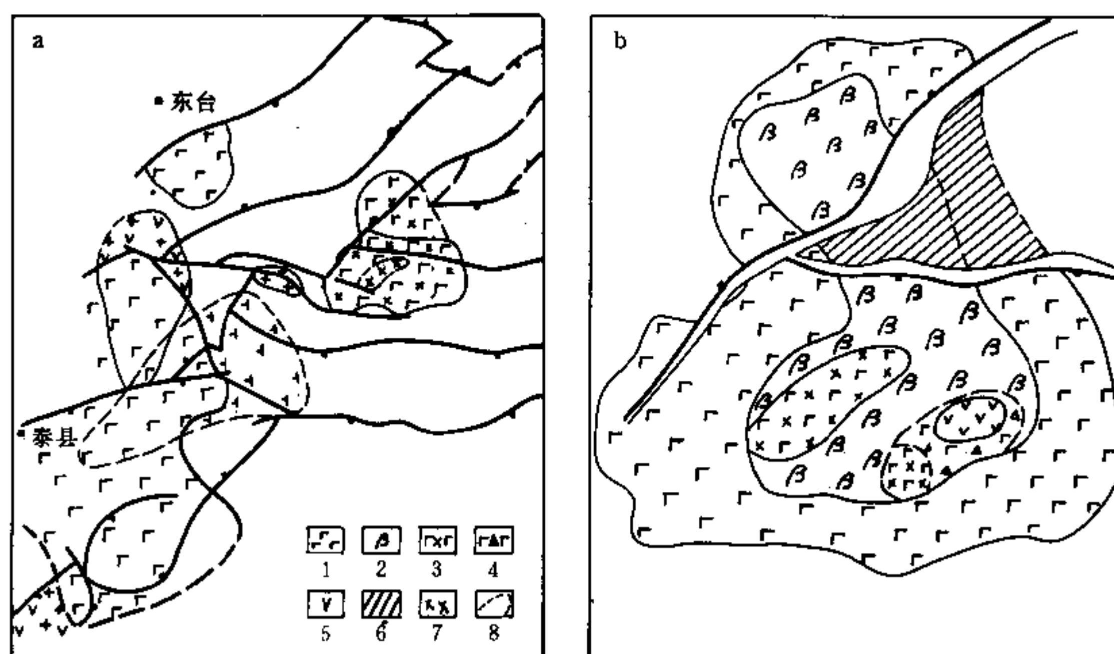



图 2-8-16　海安地区火成岩分布及阜三段玄武岩体预测图

a—火成岩分布图；b—阜三段玄武岩体预测图；

1—薄层玄武岩；2—厚层玄武岩；3—火山岩相辉绿岩；

4—火山角砾岩；5—火山口岩；6—剥蚀区；7—辉绿岩；8—分区界线

侏罗纪火山岩系印支运动断裂活动的产物。晚白垩纪火山岩体伴随仪征运动的北东向和北西向断裂交汇区产出。到阜宁晚期，地壳运动又开始活动，基性岩浆沿老断层上升，由地壳薄弱处冲出，为水下中心式间歇喷发，此次岩浆活动代表了吴堡运动的前奏。到真武运动期，块断活动达到高潮，此时岩浆活动亦达到高潮，岩浆沿深断裂喷发形成大面积的玄武岩。所以，本区火成岩是块断活动的产物，并且前第三纪和第三纪时期为中、酸性和基性两个不同的岩浆活动旋回。据研究，超基性岩浆、基性岩浆来源于上地幔，而酸性岩浆则是硅铝层中再生的结果。由此可以认为，本区沟通岩浆的导浆构造（断裂），是由浅而深不断下切的。

本区火成岩较为发育，这在石油地质上很有意义。首先提高了地温。尽管海安地区戴南

组很薄，分布范围小，有较长时期的沉积间断，但仍具有与邻区相当的较高的地温梯度，无疑这是频繁的岩浆活动的功绩，对于生油岩的转化起了较大的作用。其次火成岩可作为储集层，特别是在海安凹陷中部地区的张灶玄武岩体，在阜三段砂岩缺乏的情况下更有意义（将于后详述）。另外有些火成岩体本身就是受泥岩包围的圈闭，在油源、通道具备的条件下就能形成有工业意义的油气藏，瓦南粗面安山岩体和富南花岗玢岩体值得注意。

5.地质发展的几个阶段

自晚白垩纪以来，本区地质发展经历了四个阶段（图2-8-17）。

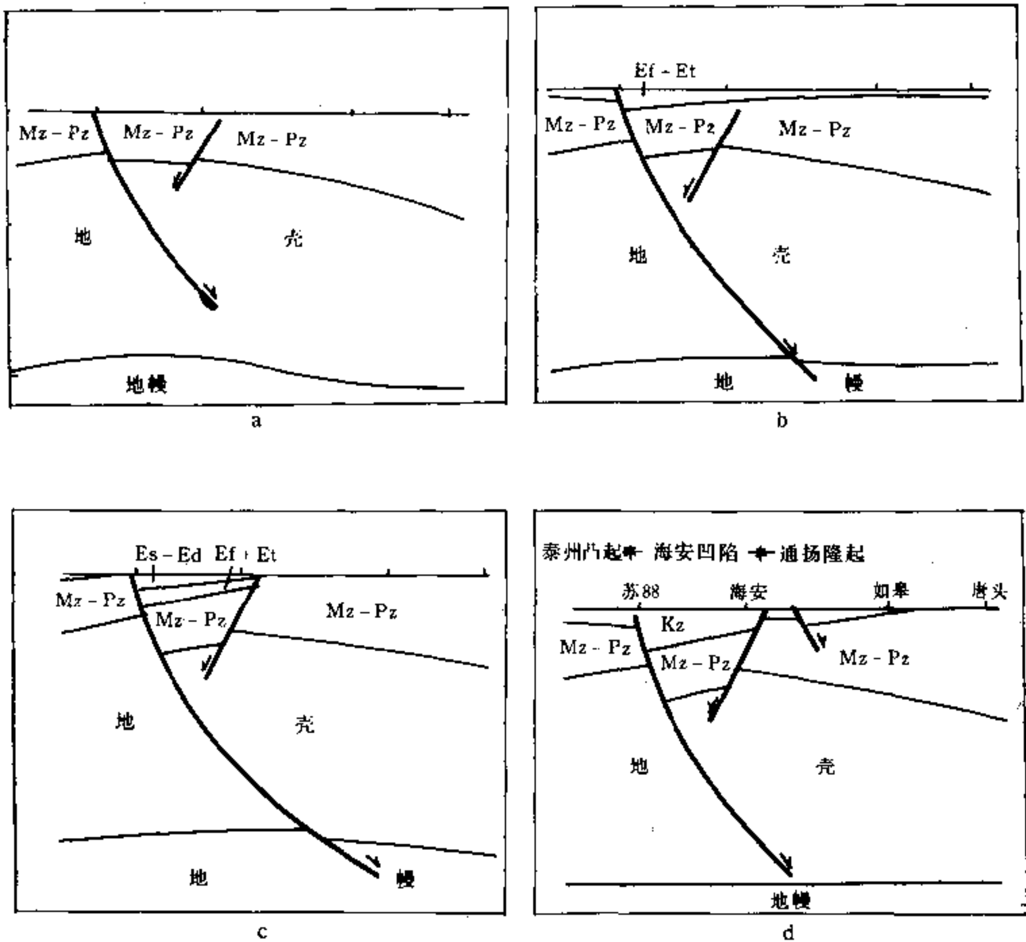



图2-8-17 海安凹陷地质发展示意图

a—拉张阶段；b—坳陷阶段；c—断陷阶段；d—萎缩阶段

（1）拉张阶段 晚白垩纪时期，地幔物质上拱，当时海安地区地壳厚度约32公里，而邻区通扬隆起可达36公里。地幔上隆，导致表层拉张陷落。这种拉张作用在白垩纪末达到高潮。海安地区的一些主要断层如曲北断层、富安断层、富乐断层、新街断层、海西断层已经形成。由于地幔上隆，造成硅铝层的再融，并沿深断裂上升喷发和侵入，形成中、酸性火山岩和侵入岩。在此基础上，接受了泰州组、阜一段河流相、湖相及泛滥平原相沉积。拉张作用一直延续到阜一段沉积期。阜一段时期，前述断层生长指数在1.1～1.99。当时的泰州（低）凸起，三仓低凸起为鼻状隆起插入凹陷，海安凹陷的面貌已具雏形。所以，拉张阶段奠定了海安凹陷的构造基础。

（2）坳陷阶段 拉张阶段之后，随着集聚应力的释放达到相对平衡而进入稳定的坳陷阶

段，接受了阜二—阜四段的广湖相沉积。此时断裂活动微弱，泰州（低）凸起，通扬隆起等可能为水下低隆起。到阜宁中晚期，地幔物质的运动又开始复活，岩浆沿某些老断层上升，由表层薄弱处喷出或侵人。地幔物质的运动，预示着新的活动时期的到来。

(3) 断陷阶段　地幔物质的再次上拱，致使应力不断集聚。接踵而至的是表层强烈拉张裂陷。吴堡、真武、三垛运动，代表了三次裂陷的高潮。老的断层重新复活并强烈活动，同时产生了众多的新的断层。安丰、北凌等断层就是此阶段发育起来的。凹陷内主要断层到三垛组时期生长指数一般都大于1.5，个别断层高达9.0（如曲北断层），强烈的断陷，造就了先填充后超覆的红色碎屑岩建造，并且基性岩浆沿断裂大量喷溢，形成大面积的玄武岩（图2–8–16a）。此阶段完成了海安凹陷的构造格局。

(4) 萎缩阶段　经过断陷阶段之后，地幔物质上隆趋势消失，到盐一段时期，断层活动渐止。随之而来的是区域性下沉，接受了披覆式的粗碎屑沉积，结束了第三纪盆地的发展历史。

**二、石油地质特点**

*1.四套生油层系*

海安凹陷下第三系暗色泥岩最大厚度可达1250米。经分析，有阜四段上部，阜二段、阜一段上部，泰州组上部四套生油层，生油岩最大厚度可达900米。据有机质丰度指标和类型指标，以阜二段最好，次为阜四段上部，阜一段上部和泰州组上部（表2–8–7、2–8–8）。

**表2–8–7　海安凹陷生油岩丰度数据表**

| 层位＼指标 | 有机碳 平均值(%) | 有机碳 样品数 | "沥青"A 平均值(%) | "沥青"A 样品数 | 总烃 平均值(%) | 总烃 样品数 | 产油潜量 平均值(kg/T) | 产油潜量 样品数 | 降解潜率 平均值(%) | 降解潜率 样品数 | 综合评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 戴一段 | 0.74 | 9 | 0.0126 | 5 | 53 | 5 | 0.316 | 5 | 2.86 | 5 | 非生油岩 |
| 阜四段上部 | 1.05 | 51 | 0.079 | 14 | 366 | 6 | 2.97 | 30 | 21.8 | 30 | 中等生油岩 |
| 阜四段下部 | 0.53 | 48 | 0.027 | 11 | 94 | 3 | 0.64 | 17 | 8.69 | 17 | 差生油岩 |
| 阜三段 | 0.83 | 90 | 0.0228 | 24 | 61 | 13 | 0.67 | 45 | 6.12 | 45 | 非生油岩 |
| 阜二段 | 1.41 | 160 | 0.1011 | 38 | 907 | 22 | 6.71 | 35 | 33.95 | 35 | 好生油岩 |
| 阜一段上部 | 0.81 | 63 | 0.0507 | 10 | 237 | 5 | 4.1 | 4 | 28.63 | 4 | 中等生油岩 |
| 阜一段下部 | 0.35 | 139 | 0.01 | 3 | 26 | 1 | 1.69 | 6 | 14.91 | 6 | 非生油岩 |
| 泰州组上部 | 0.78 | 42 | 0.031 | 3 | 142 | 3 | 1.90 | 6 | 15.49 | 6 | 差生油岩 |
| 评价标准（据北京石油勘探开发科学研究院及罗伯逊研究所） | >1 | | >0.1 | | >500 | | >5.0 | | >50 | | 好生油岩 |
| | 0.6～1 | | 0.05～0.1 | | 200～500 | | 2.5～5.0 | | 10～50 | | 中等生油岩 |
| | 0.4～0.6 | | 0.01～0.05 | | 100～200 | | <2.5 | | <10 | | 差生油岩 |
| | <0.4 | | <0.01 | | <100 | | | | | | 非生油岩 |

**表 2-8-8　海安凹陷生油岩类型数据表**

| 层位＼项目 | 氢氧指数图区域 | 类型指数 | 饱／芳 | 非烃+沥青质/总烃 | 干酪根鉴定 | 综合评价 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 戴一段 | Ⅲ | 0.72 | 1.74 | 1.24 | Ⅲ型 | Ⅲ型 |
| 阜四段上部 | Ⅱ | 6.49 | 3.21 | 0.86 | Ⅱ$_1$型 | Ⅱ型 |
| 阜四段下部 | Ⅲ | 2.15 | 1.92 | 1.18 | Ⅲ—Ⅱ$_1$型 | Ⅲ—Ⅱ型 |
| 阜三段 | Ⅲ | 1.97 | 1.61 | 1.12 | Ⅲ—Ⅱ$_2$型 | Ⅲ型 |
| 阜二段 | Ⅰ—Ⅱ | 10.54 | 2.75 | 0.81 | Ⅰ—Ⅱ$_1$型 | Ⅰ—Ⅱ型 |
| 阜一段上部 | Ⅰ—Ⅱ | 39.52 | 1.8 | 1.4 | Ⅱ$_1$型 | Ⅱ型 |
| 阜一段下部 | Ⅱ | 4.59 | 1.83 | 2.3 | Ⅱ$_2$型 | Ⅲ—Ⅱ型 |
| 泰州组上部 | Ⅱ—Ⅲ | 11.18 | 1.23 | 1.26 | Ⅰ—Ⅱ$_1$型 | Ⅱ型 |
| 评价标准（据北京石油勘探开发科学研究院） | 由曲线图谱定 | >20 | >2 | 0.3～1.0 | | Ⅰ |
| | | 10～20 | 1～2 | 1～3 | | Ⅱ |
| | | 5～10 | | | | |
| | | 2.5～5 | | | | |
| | | <2.5 | <1 | >3 | | Ⅲ |

据安1、安3井井温曲线和安1、安2、苏88井试油点测井温资料，海安凹陷的地温梯度为异常地温梯度。年平均地表温度为14.5℃，平均地温梯度戴南组以上地层为3℃／100米，阜宁组、泰州组为4.05℃／100米。据生油岩演化图，泰州组生油层开始生油期多数在垛一段时期，生油高峰期在垛二段至盐一段时期；阜一段生油层开始生油期在垛二段至盐一段时期，生油高峰期在盐一段至盐二段时期；阜二段生油层开始生油期在垛二段至盐一段时期，生油高峰期在盐一段至盐二段时期；阜四段生油层开始生油期在盐二段时期，至今还没有进入生油高峰期，所以，成油期较晚（图2-8-18），分析生油门限深度为2500米，生油门限温度90℃。

由于海安凹陷戴南组很薄，阜宁组沉积之后有较长的间断时间，因而生油岩成熟时间较晚。对海安凹陷几套生油层的成油史分析如表2-8-9。

*2.圈闭较多，但小而破碎*

通过详查查明海安凹陷有构造圈闭88个，面积253.7平方公里。构造圈闭面积占凹陷面积的11.5%，但面积大于5平方公里的只有6个，占总圈闭数的13.7%。绝大多数圈闭都分布在断裂带两侧，其中以海中断裂带和梁垛断裂带较为集中（表2-8-10）。这些小构造圈闭以断鼻、断块最多。初步分析有四种成因类型的圈闭。

1）古构造继承性发展，并加以改造。如唐洋、张灶、小凡庄等构造，在泰州组、阜一段沉积期就是古高，以后继承发展并被断层切割改造而成。

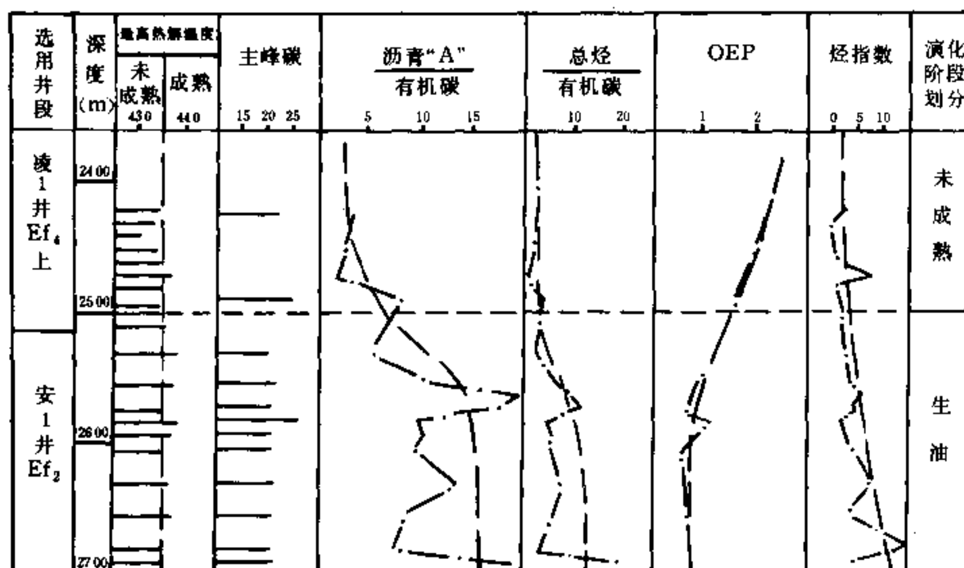



图 2-8-18　海安凹陷阜四段上部、阜二段生油岩演化图

**表 2-8-9　海安凹陷成油史表**

| 生油层位 / 成油史 / 次级单元 | 泰州组 | | | 阜一段 | | | 阜二段 | | | 阜四段 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 顶最大埋深(m) | 开始生油期 | 生油高峰期 | 顶最大埋深(m) | 开始生油期 | 生油高峰期 | 顶最大埋深(m) | 开始生油期 | 生油高峰期 | 顶最大埋深(m) | 开始生油期 | 生油高峰期 |
| 曲塘次凹 | 4980 | $Es^1$ 中期 | $Es^2$ 中期 | 4330 | $Es^2$ 中期 | $Ny^1$ 中期 | 4120 | $Es^2$ 晚期 | $Ny^1$ 末期 | 3420 | $Ny^2$ 早期 | Qd 时期 |
| 海北次凹 | 4050 | $Es^2$ 晚期 | $Ny^1$ 末期 | 3630 | $Ny^1$ 中期 | $Ny^2$ 中期 | 3120 | $Ny^2$ 中期 | | 2860 | $Ny^2$ 末期 | |
| 断隆带（新街） | 3610 | $Ny^1$ 中期 | $Ny^2$ 中期 | 3120 | $Ny^2$ 早期 | Qd 时期 | 2850 | $Ny^2$ 中期 | | 2500 | | |
| 富安次凹 | 4750 | $Es^1$ 晚期 | $Ny^1$ 早期 | 4140 | $Ny^1$ 早期 | $Ny^2$ 早期 | 3920 | $Ny^1$ 中期 | $Ny^2$ 中期 | 3300 | $Ny^2$ 中期 | |
| 孙家洼次凹 | 4700 | $Es^1$ 晚期 | $Ny^1$ 早期 | 4050 | $Ny^1$ 早期 | $Ny^2$ 早期 | 3850 | $Ny^1$ 中期 | $Ny^2$ 中期 | 3300 | $Ny^2$ 中期 | |

**表 2-8-10　海安凹陷分构造带构造圈闭统计表**

| 二级构造单元 | 构造带或地区 | 背斜 | | 断背斜 | | 断鼻 | | 断块 | | 合计 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 个数/% | 面积/% | 个数/% | 面积/% | 个数/% | 面积/% | 个数/% | 面积/% | 个数/% | 面积/% |
| 北部斜坡带 | 梁垛构造断裂带 | 2/11.1 | 2/6.1 | 1/5.5 | 5.1/15.0 | 5/27.8 | 9.1/27.8 | 10/55.6 | 16.5/50.5 | 18/20.5 | 32.7/13.9 |
| 北部深凹带 | 安丰、潘墩断裂构造带 | 1/11.2 | 1.3/4.8 | / | / | 4/44.4 | 16.9/62.1 | 4/44.4 | 9.0/33.1 | 9/10.2 | 27.2/11.5 |
| | 瓦甸、富安断裂构造带 | | | | | 1/25.0 | 2.8/29.9 | 3/75.0 | 6.6/60.1 | 4/4.5 | 9.4/4.0 |
| | 富安次凹东北 | | | | | 4/80.0 | 23.4/95.1 | 1/20.0 | 1.2/4.9 | 5/5.7 | 24.6/10.4 |
| 中部断隆带 | 海中构造断裂带 | 1/4.8 | 3.7/5.4 | 3/14.3 | 13.3/19.3 | 13/61.9 | 42.9/62.2 | 4/19.0 | 9.1/13.1 | 21/23.9 | 69.0/29.3 |
| | 唐洋、古贲构造断裂带 | 1/14.3 | 11.8/39.1 | 1/14.3 | 4.5/14.9 | 1/14.3 | 7.6/25.2 | 4/47.1 | 6.3/20.8 | 7/8.0 | 30.2/12.8 |
| 南部深凹带 | 海北次凹西北坡 | | | | | | | 2/ | 3.4/ | 2/2.3 | 3.4/1.4 |
| | 海西南鼻状构造断裂带 | | | | | 3/33.3 | 49/32.0 | 6/66.7 | 10.4/66.0 | 9/10.2 | 15.3/6.5 |
| | 曲北断阶 | | | | | 1/ | 1.4/ | | | 1/1.1 | 1.4/0.6 |
| 南部斜坡带 | 曲东南断块带 | | | | | 4/36.4 | 8/42.1 | 7/63.6 | 11/47.9 | 11/12.5 | 19/8.1 |
| | 曲塘次凹南坡 | | | | | | | 1/ | 3.5/ | 1/1.1 | 3.5/1.5 |
| 总计 | | 5/5.7 | 18.8/8.0 | 5/5.7 | 22.9/9.7 | 36/40.9 | 117/49.6 | 42/47.1 | 77/32.7 | 88 | 235.7 |

2）逆牵引构造。发育在长期活动的大断层下降盘，由于重力作用补偿水平拉开引起逆牵引而形成。如张家垛构造，就是在曲北大断层下降盘发育不完全的一个逆牵引鼻状构造。其特点是构造高点紧贴断层面，浅层几乎出现回倾。

3）顺层侵入的岩体造成上覆层隆起形成构造。如九灶构造（图 2-8-19），与安 4 井相邻的安 2、灶参 1 井阜三段分别厚 151 米和 159 米，相当稳定，而安 4 井由于辉绿岩层状挤入加厚到 238 米，使上覆层隆起形成构造，后来仅仅在发展中受到断层的切割和改造。

4）吴堡、真武、三垛运动期间，块断活动伴生的断鼻、断块。如安丰构造，早期无古构造背景，后来在安丰断层形成发育过程中而产生了鼻状构造。

*3.生储盖组合*

海安凹陷第三系有五套原生组合和四套次生组合（图 2-8-20）。其中仅有泰州组上部生油—阜一段下部储集—阜一段中上部盖层，阜二段生油—阜三段储集—阜四段盖层这两套

储盖组合配套较为理想，其它均要靠断层沟通生油层和储集层。因此，运移通道是该区圈闭能否含油的一个关键因素。

鉴于生油岩成熟时间晚，断层发育和生储层配套不佳，油气无论在纵向上和横向上都不可能进行长距离运移，势必导致近源聚集。所以，应以勘探阜宁组、泰州组原生油气藏为主要方向。众多见油气显示井，其层位均为阜宁组和泰州组，就已证实了这一点。

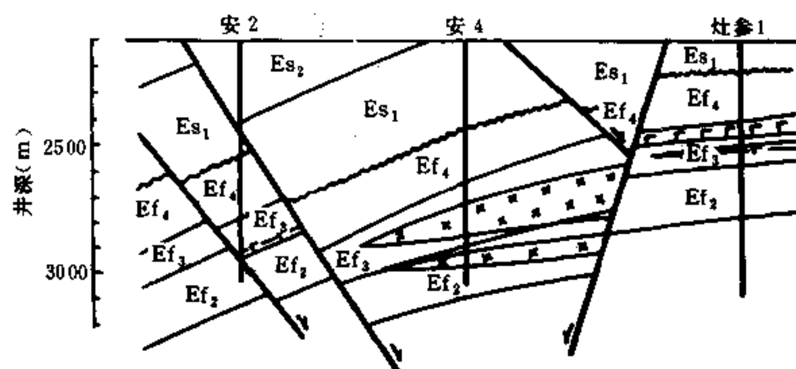



图 2-8-19　九灶构造横剖面图

图例同图 2-8-16

## 第四节　溱潼凹陷

溱潼凹陷位于东台坳陷的东部。东北毗连海安凹陷，西北与吴堡低凸起相接，东南与泰州低凸起以泰州大断裂为界。凹陷南陡北缓，面积约 1130 平方公里，中、新生界沉积厚度达 6000～7000 米。

在区域概查的基础上，于 1959～1963 年选择凹陷内一些重力高进行钻探，但未见任何油气显示。继后地质部继续在凹陷内进行地震详查工作，至 1973 年 6 月，大部分地区完成了 1×1 公里的面积详查。通过钻探，于 1970 年 7 月和 1971 年 1 月先后在戴南构造苏 20 井戴二段和祝庄构造东 7 井阜一段中获工业油流，对此，在 1971～1973 年重点在几个见油流和油层的构造高点上投入了大量工作，但因地层和含油情况变化较大，以及油藏规模小和断块高点难以准确圈定等原因，未能取得新的进展。1975 年国家地质总局所属江苏省石油勘探指挥部在该凹陷陡坡断阶带的储家楼小幅度构造上的苏 59，于戴南组获得自喷初产日产 168 立方米的高产工业油流。此后，省石油勘探指挥部以继续探索断阶带戴南—泰州组含油气情况为主要目的，进一步开展数字地震普查，发现草舍高产油田和茅山、淤溪等含油构造，在溱潼凹陷建成了一个前景良好的油气产区。本节主要根据地质矿产部华东石油局资料编写而成。

**一、下第三系石油地质条件**

*1.地层*

下第三系为一套陆相碎屑沉积。自下而上可划分为泰州组，阜宁组一、二、三、四段，戴南组一、二段，三垛组一、二段；上第三系盐城组一、二段（见表 2-8-11）。

根据沉积特征、古生物组合以及地层接触关系，基本可划分为三大套：

第一套为泰州组—阜宁组：是仪征运动后沉积的以湖相为主厚达3000米的地层，这套地层沉积稳定，分布广泛。其纵向组成三套成油组合，即：泰州组下部（储）—上部（生）—阜一段（生、储）—阜二段（盖）；阜二段（生）—阜三段（生、储）—阜四段（盖）；阜四段上部（生、盖）。泰州组—阜宁组是溱潼凹陷主要生油岩系。

第二套为戴南组—三垛组：是吴堡运动后，湖盆缩小，只剩下残留水体，沉积条件的改变，由湖相沉积发展为河流相沉积，形成了又一个沉积旋回，组成了四套条件各不相同的含油组合，即：阜宁组（生）—戴一段下部（储）—戴一段上部（盖）；戴一段上部（生）—戴二段下部（储）—戴二段中部泥岩（盖）；垛一段下部（储）—垛一段中上部泥岩夹层（盖）；垛二段中、下部（储）—垛二段顶（盖）。这四套含油组合最显著的特点是生、储、盖岩系发育不完整或不协调，其中储集层发育是它们的共同点。

第三套盐城组—东台组，是在三垛运动所造成的古地貌基础上，经过早期的填平补齐到一个准平原化的斜面上开始披覆沉积，直到东台组沉积即结束了凹陷沉积史。

*2.生油层*

泰州组上部，阜一、阜二段，阜三段中部以及阜四段的灰黑色泥岩，是溱潼凹陷的主要生油岩层段，有效生油岩总厚度达574.5米，面积达799平方公里。暗色泥岩最发育地区分布在储家楼至草舍一线以北，戴南至叶甸一线以南深凹区。

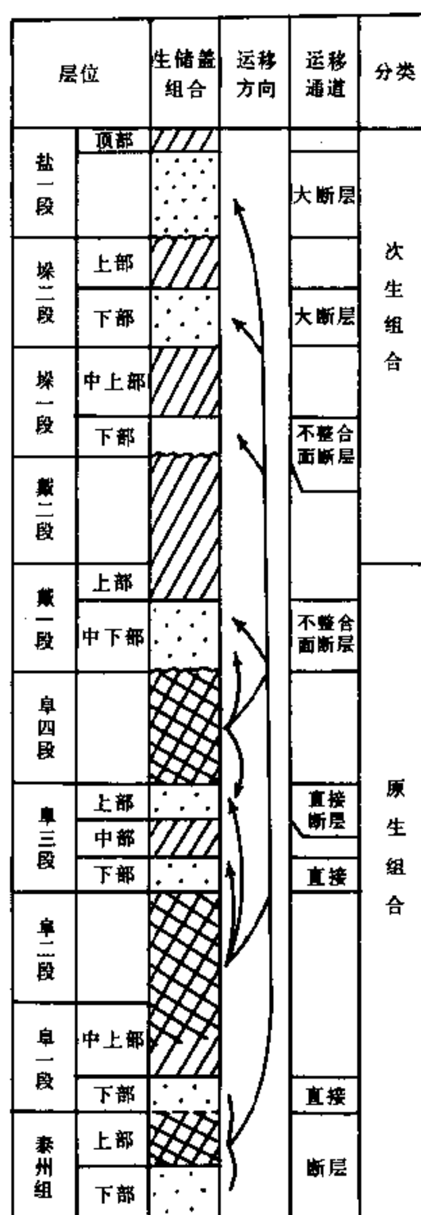





图2-8-20 海安凹陷第三系生储盖组合图序

(1) 生油岩的有机质丰度 根据生油岩级别划分标准，可将阜四、阜二段和泰州组划为较好生油岩（见表2-8-12）。

(2) 生油岩母质类型 溱潼凹陷各层的干酪根类型，基本上可归纳为：戴一段Ⅱ—Ⅲ型（高电导泥岩为$Ⅱ_2$型），阜四、阜二段为$Ⅱ_1$型，阜三段几乎均为Ⅲ型，阜一段Ⅱ—Ⅲ型，泰州组以$Ⅱ_2$型为主。各生油层在纵向上差异很大，以阜四、阜二段最好，阜三段最差。

**表 2-8-11　溱潼凹陷新生代地层简表**

| 地层 | | | | | 厚度(m) | 主要岩性 | 成油组合<br>含油组合 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 系 | 统 | 组 | | 代号 | | | |
| 第四系 | 全更新统 | 东台组 | | Q | 125～320 | 灰土黄色粉砂质粘土,灰白色砂砾岩 | |
| 上第三系 | 上—中新统 | 盐城组 | 二段 | $Ny^2$ | 800～900 | 灰白色砂砾与杂色粘土互层 | |
| | | | 一段 | $Ny^1$ | 0～1000 | 棕红夹灰绿色泥岩和砂砾层互层。局部有玄武岩 | |
| 下第三系 | 渐新统 | 三垛组 | 二段 | $Es^2$ | 0～930 | 棕红色砂岩、泥岩互层。顶部局部有玄武岩 | 上部含油组合 |
| | | | 一段 | $Es^1$ | 80～525 | 上部红色泥岩夹砂岩,中部砂泥岩互层。下部含砾块状砂岩，中、上部夹玄武岩 | |
| | | 戴南组 | 二段 | $Ed^2$ | 0～510 | 棕色砂岩夹泥岩 | |
| | | | 一段 | $Ed^1$ | 0～450 | 灰白色砂岩和泥岩互层,上部灰黑色泥岩发育。下部砂岩、含砾砂岩较多 | |
| | 始—古新统 | 阜宁组 | 四段 | $Ef^4$ | 0～600 | 灰黑色泥岩夹泥页岩及砂岩薄层 | 下部成油组合 |
| | | | 三段 | $Ef^3$ | 0～350 | 上部灰色粉砂岩夹泥岩薄层。中部灰黑色泥岩夹砂岩下部粉砂岩夹泥岩薄层 | |
| | | | 二段 | $Ef^2$ | 50～350 | 灰黑色泥岩夹薄层泥灰岩,油页岩局部夹鲕状灰岩 | |
| | | | 一段 | $Ef^1$ | 400～650 | 棕色泥岩与砂岩互层,中下部夹较多的灰黑色泥岩 | |
| | | 泰州组 | | Et | 50～400 | 上部灰黑色泥岩夹薄层砂岩,泥灰岩。下部块状砂岩和含砾石岩夹棕色泥岩 | |
| 白垩系 | 上统 | 赤山组 | | $K_{2C}$ | 300～550 | 砖红色粉细砂岩 | |

表 2-8-12　溱潼凹陷生油岩有机质丰度统计表

| 层　位 | 生油岩面积($km^2$) | 生油岩厚度(m) | 有机碳(%) | 氯仿沥青"A"(%) | 总烃含量(ppm) | 母质类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 戴一段 | 388.0 | 82.20 | 0.87／25 | 0.0567／6 | 160／8 | Ⅲ |
| 阜四段 | 421.0 | 300.10 | 1.10／83 | 0.073／33 | 348／39 | Ⅱ |
| 阜三段 | 539.0 | 160.70 | 0.97 | 0.0468／6 | 90／20 | Ⅲ |
| 阜二段 | 623.0 | 230.84 | 1.55 | 0.09／11 | 340／22 | Ⅱ |
| 阜一段 | 661.0 | 94.70 | 1.27 | 0.079／12 | 250／17 | Ⅲ |
| 泰州组 | 799.0 | 112.00 | 0.98／5 | 0.0783／3 | 90／5<br>354／2 | Ⅲ |

(3) 门限值的确定　干酪根自由基浓度、正构烷烃 OEP 值、沥青、族组分等资料表明，在 2000～2500 米深度以下，干酪根已降解形成石油，此时的 OEP 值为 1.5 以下。根据 5 个构造 10 口井关井测压所测油层温度计算（见表 2-8-13），地温梯度在 2.8～3.1℃／100 米，与其它生油凹陷差别不大。

表 2-8-13　溱潼凹陷地温及地温梯度

| 构造 | 祝庄 | | 储家楼 | | 草舍 | | 史家堡 | | 戴南 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T(℃)／D(m) | G(℃／100m) | T(℃)／D(m) | G(℃／100m) | T(℃)／D(m) | G(℃／100) | T(℃)／D(m) | G(℃／100m) | T(℃)／D(m) | G(℃／100m) |
| 实测值 | 65.5／1620 | 3.13 | 103／2800 | 3.15 | 90／2700 | 2.8 | 89／2580 | 2.89 | 80／2400 | 2.73 |
| | 104／2800 | 3.19 | 106／2850 | 3.21 | 104／3030 | 2.96 | ／ | | ／ | |
| | ／ | | 100／2800 | 3.06 | 99.5／2900 | 2.93 | ／ | | ／ | |
| 平均地温梯度(℃) | 3.16 | | 3.12 | | 2.9 | | 2.89 | | 2.73 | |
| 备注 | $G=\frac{T-T_0}{D}$　　$T_0=14.6$ | | | | | | | | 资料可靠性差 | |

本凹陷的生油岩成熟深度，采用数学模拟法及温度等综合选定在 2000～2300 米，相当于高邮凹陷 2000～2500 米的低成熟阶段；高成熟阶段（即相当于油相底界）深度约 4000～4200 米，温度在 140℃以上，也与高邮凹陷相当（见表 2-8-14）。

表 2-8-14　溱潼凹陷生油门限值

| 层　位 | 数学模拟法确定值 | 深　度　(m) | 温　度　(℃) | 门限值选定(m) |
|---|---|---|---|---|
| $Ed^1$ | 生油门限 | 2333～2457 | 84.4～87 | 2300 |
| $Ef^4$ | 生油门限 | 2057～2138 | 73.9～79.5 | 2000 |
| $Ef^3$ | 生油门限 | 2365～2464 | 84.5～87.4 | 2300 |
| $Ef^2$ | 生油门限 | 1943～2174 | 71.3～79.9 | 2000 |
| | 生油高峰 | 3401～3570 | 117.9～120 | |
| | 油相底界 | 3909 | 135.8 | |
| $Ef^1$ | 生油门限 | 1800～2117 | 69～78.9 | 2000 |
| | 生油高峰 | 3408～3623 | 117.6～120.3 | |
| | 油相底界 | 3884～4141 | 133.8～135.4 | |
| Et | 生油门限 | 2313～2476 | 82.8～88.4 | 2300 |
| | 生油高峰 | 3455～3678 | 119～121.7 | |
| | 油相底界 | 4030～4289 | 138.6～139.5 | |

总之，溱潼凹陷生油岩的成熟期较晚，阜二段成油期在戴二段—垛一段时，阜四段则要在垛二段—盐一段时。而三垛运动为主要油气运移时期，若此时构造基本形成，则有利于油气聚集。

*3.储集层*

溱潼凹陷下第三系的储集层主要发育在泰州组、阜一、三段及戴南组和三垛组，以戴南组—三垛组为最佳，阜三段次之，阜一段和泰州组较差（见表2–8–15）。

戴南组—三垛组砂岩，是溱潼凹陷储集层主要发育层段，具有厚度大、岩性粗而疏松、物性好、油气分布在纵横方向较分散等特点。

戴南组的砂岩厚达200多米，可占地层总厚度的二分之一到三分之二。戴一段下部砂岩粒度较粗，以砂岩及含砾砂岩为主，砂岩岩性一般比较疏松，孔隙度一般为20～30%，渗透率一般为（197.4～493.5）$\times 10^{-3}$二次方微米，最高可达$3481.84\times 10^{-3}$二次方微米。胶结物含量为10～20%，其中的泥灰质常呈局部富集。三垛组砂岩厚度达300米以上，砂岩物性以垛一段下部的含砾块状砂岩为最好，孔隙度最大可达39.7%，渗透率一般为（296.1～987）$\times 10^{-3}$二次方微米，最大可达$4352.35\times 10^{-3}$二次方微米。

阜三段上部、下部的砂层组和泰州组下部的块状砂岩以及阜一段上部砂层组，基本是浅湖—河流相的砂岩沉积，分选性差，分布极不均匀，各项物性指标普遍较戴南组、三垛组差。

**表2–8–15 溱潼凹陷砂岩物性统计表**

| 层位 | 砂岩厚度(m) | 孔隙度(%) | | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | 胶结物含量(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 一般 | 最大 | 一般 | 最大 | |
| $Es^2$ | 150～200 | 15～30 | 34.49 | 30～1000 | 1228.07 | 15～35 |
| $Es^1$ | 80～150 | 25～30 | 39.70 | 300～1000 | 4352.35 | 10～20 |
| $Ed^2$ | 60～120 | >20 | 31.35 | 300～800 | 3091.14 | 10～25 |
| $Ed^1$ | 50～100 | 20～30 | 38.01 | 100～500 | 3481.84 | 10～20 |
| $Ef^3$ | 40～90 | 5～20 | 30.89 | 0.1～50 | 607.27 | 18～30 |
| $Ef^1$ | 150～250 | 5～15 | 22.00 | 0.1～10 | 84.23 | 20～40 |
| Et | 40～80 | 10～20 | 27.02 | 0.1～50 | 137.23 | 5～30 |

*4.构造*

溱潼凹陷下第三系的构造形态与整个苏北盆地区域构造形成的背景是分不开的，它受东西向区域构造背景的控制，又受到北东向泰州断裂和北东向鼻状隆起的制约。在构造演变方面也与整个盆地的演化过程密切相关。

仪征运动后，随着整个盆地的拉张下沉，在基底构造的背景上，凹陷内接受了广泛而稳定的泰州组—阜宁组沉积，至阜四段末，由于吴堡运动的开始，使泰州断裂再次活动，并向深处发展，同时产生了一系列北东向和北西向的次级断层和沿泰州断裂展布的羽状断层，泰

州组—阜宁组地层受到改造，形成了一系列展布方向与凹陷走向基本一致的局部构造，如南部的淤溪—祝庄—储家楼—草舍，中部的叶甸—戴南，北部的茅山—曹家庄等构造。吴堡运动以后，盆地因断陷而解体，凹陷内在“下构造层”的构造基础上，沉积了以砂岩为主的湖相—河流相戴南组和三垛组。垛二段沉积末，随着三垛运动的到来，凹陷内的断层再次活动，原来的构造受到进一步改造，戴南组—三垛组构造层——中构造层至此形成。三垛运动后，断裂活动微弱，以充填式沉积为主，发育了以砂砾岩为主体的盐城组—东台组，即上构造层。

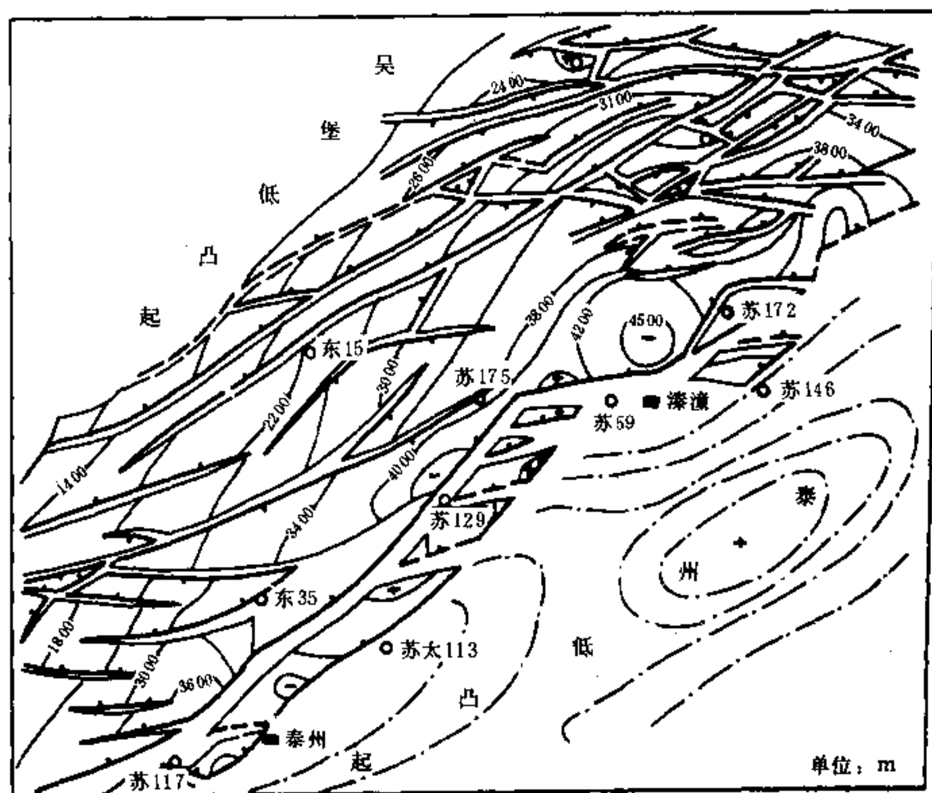



图 2-8-21　溱潼凹陷阜一段顶（$T_3^3$）构造图

## 二、二级构造带与油气分布

根据溱潼凹陷主要勘探目的层系的沉积特征、构造形态及展布规律等，可将其二级构造带确定为：南部断阶带、中部深凹带、北部斜坡带。

*1.南部断阶带*

该带位于凹陷南部陡侧，主要由 2 条近于平行的泰 1、泰 2 断层（即泰州断裂）组成，走向东北，南起朱庄，北至莫庄，长约 60 公里左右，面积约 200 平方公里。目前已发现朱庄、淤溪、祝庄、储家楼、角墩子、青蒲、草舍和莫庄 8 个局部构造（见表 2-8-16），其中草舍构造已形成油田，储家楼、祝庄和淤溪为 3 个含油构造（见图 2-8-21）。

由于该带位于深凹带陡侧，临近生油深凹，具有丰富的油源，又有长期活动的泰 1、泰 2 断层为油气运移通道，在储盖条件具备的条件下，一般形成较早的构造，均不同程度的含油。

表 2-8-16　溱潼凹陷主要局部构造统计表

| 构造名称 | 地震波组 | 类　型 | 轴　向 | 圈闭面积(km$^2$) | 构造幅度(m) | 高点埋深(m) | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 草舍 | $T_2^3$ | 背斜 北块 | 北西 | 2.25 | 50 | 2400 | $T_2^3$为1981年资料 |
| | | 背斜 中块 | | 2.75 | 200 | 2100 | |
| | | 背斜 南块 | | 3.00 | 100 | 1500 | |
| | $T_2^4$ | 断鼻 | 北西 | 3.00 | 100 | 2350 | |
| | $T_3^3$ | 断鼻 | 北西 | 1.00 | 50 | 3650 | |
| 祝庄 | $T_2^3$ | 北断块 | | 1.50 | >50 | 2350 | $T_2^3$为1981年资料 |
| | | 中断块 | | 1.00 | <50 | 1700 | |
| | | 南断块 | | 2.25 | 50 | 1500 | |
| | $T_3^3$ | 断鼻 | 北东 | 1.00 | 200 | 2100 | |
| 淤溪 | $T_2^3$ | 北断块 | | 0.75 | <50 | 2050 | $T_2^3$为1981年资料 |
| | | 南断块 | | 1.25 | <50 | 1350 | |
| | $T_3^0$ | 断鼻 | 北东 | 1.50 | 50 | 1500 | |
| | $T_3^3$ | 断块 | | 2.50 | 150 | 1800 | |
| 储家楼 | $T_2^3$ | 断鼻 | | 1.00 | 50 | 2500 | |
| | $T_2^4$ | 背斜 | 北西 | 0.50 | 50 | 2700 | |
| | $T_3^0$ | 背斜 | 北西 | 1.00 | 50 | 2950 | |
| 青蒲 | $T_2^3$ | 断鼻 | 北东 | 0.60 | <50 | 1600 | 为1981年资料 |
| 朱庄 | $T_2^3$ | 断鼻 | 北东 | 2.00 | 100 | 2050 | |
| | $T_2^4$ | 断鼻 | 北东 | 2.50 | 60 | 2450 | |
| 莫庄 | | | | 1.00 | 50 | | |
| 戴南 | $T_2^3$ | 断鼻 | | 1.50 | 50 | 2300 | |
| | $T_2^4$ | 断鼻 | | 2.00 | 50 | 2450 | |
| | $T_3^3$ | 断鼻 | | 2.00 | 100 | 3600 | |
| 史家堡 | $T_2^3$ | 断鼻 | | 2.00 | 30 | 2250 | |
| | $T_2^4$ | 断鼻 | | 1.50 | 30 | 2250 | |
| | $T_3^3$ | 断块 | | 2.00 | 150 | 3050 | |
| 叶甸 | $T_2^4$ | 断鼻 | | 0.20 | 30 | 2450 | |
| | $T_3^0$ | 断鼻 | | 0.40 | 50 | 2650 | |
| | $T_3^3$ | 断鼻 | | 1.50 | 100 | 3250 | |
| 伍家垛 | $T_2^3$ | 断鼻 | 东西 | 1.00 | 50 | 2100 | |
| | $T_3^3$ | 断块 | | 2.50 | 100 | 2700 | |
| 小开庄 | $T_2^3$ | 断鼻 | 北西西 | 5.00 | 150 | 1850 | |
| 茅　山 | $T_3^3$ | 断鼻 | 北西 | 1.75 | 150 | 2750 | |

(1) 草舍构造　位于断阶带的东北部，其西南临近兴泰次凹，北侧为时堰次凹，具有丰富的油源；长期发育的泰州断裂为油气的运移创造了良好的通道，尤其是在油气大量生成以前，在泰2断层下降盘已经形成较大幅度的构造圈闭（见表2-8-16）。该构造戴一段含油面积约1.2平方公里，在戴一、二段，阜一段和泰州组均获得工业油流，阜三段也获得了少量油流，现已投入开发，主力开发层系戴一段，油层多具边水，为弹性水压驱动，压力系数一般略大于0.1兆帕／10米。为油气的开发创造了良好的条件（图2-8-22）。

(2) 储家楼构造　储家楼构造是位于断阶带中部的一个北西向低幅度的短轴背斜（见图2-8-23），圈闭面积约3平方公里，构造幅度50米左右，戴一段含油面积约0.8平方公里，除阜四段见裂隙含油外，其它层段均未见显示。该构造北邻兴泰次凹，油源条件仅次于草舍构造，但根据所钻5口井的资料分析，该构造的油气分布除受构造控制外，还受岩性控制，储集条件不及草舍构造。

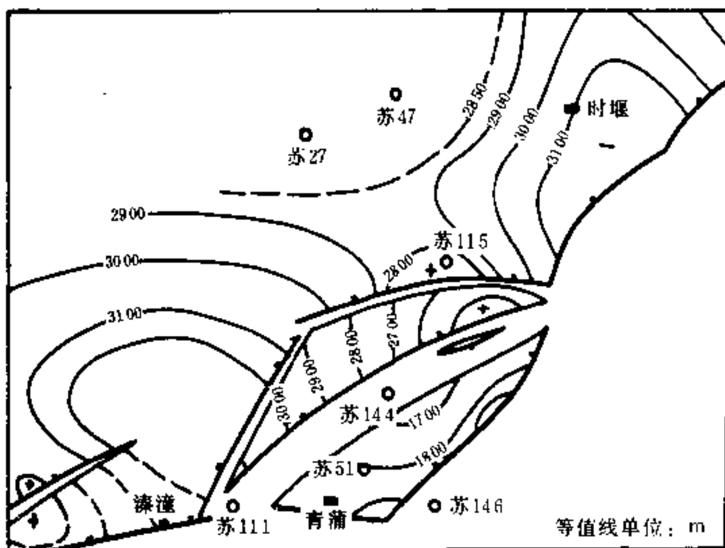



图2-8-22　储家楼—草舍阜宁组顶部($T_3^0$)构造图

(3) 祝庄构造　祝庄构造位于断阶带中部，是一个断鼻构造，圈闭面积约4.75平方公里，构造幅度为50米左右，由于断层的切割，形成大小不等的断块和断鼻（见图2-8-24）。目前该构造上已钻的12口井中有11口见到不同程度的油气显示，其中1口井于阜一段获工业油流，4口井分别在垛一段、阜三段、阜一段获少量油流。该构造四面被断层切割，整体上形成了一个棱形的断层圈闭构造，北邻深凹带，是油气聚集的有利场所。

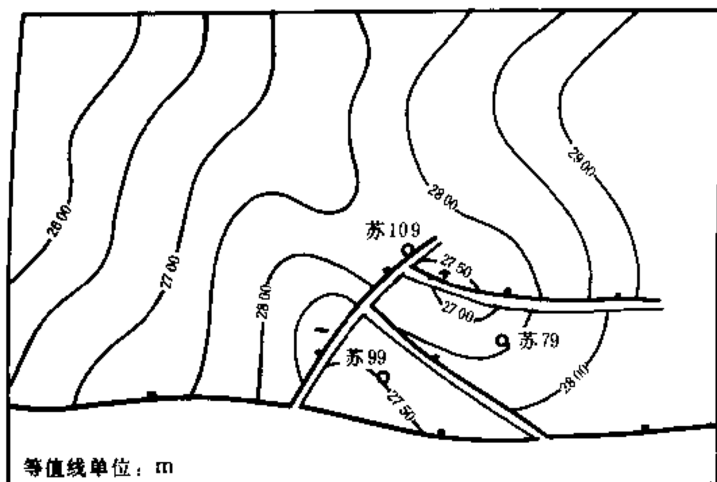



图2-8-23　储家楼地区戴一段顶部($T_2^4$)构造图

(4) 淤溪构造　淤溪构造位于断阶带中部偏南，泰州组为一向南倾没的断鼻构造，面积约2平方公里。该构造钻3口井，均在泰州组见油气显示，在紧靠泰2断层上升盘的苏129井（图2-8-25）获工业油流。

2.中部深凹带

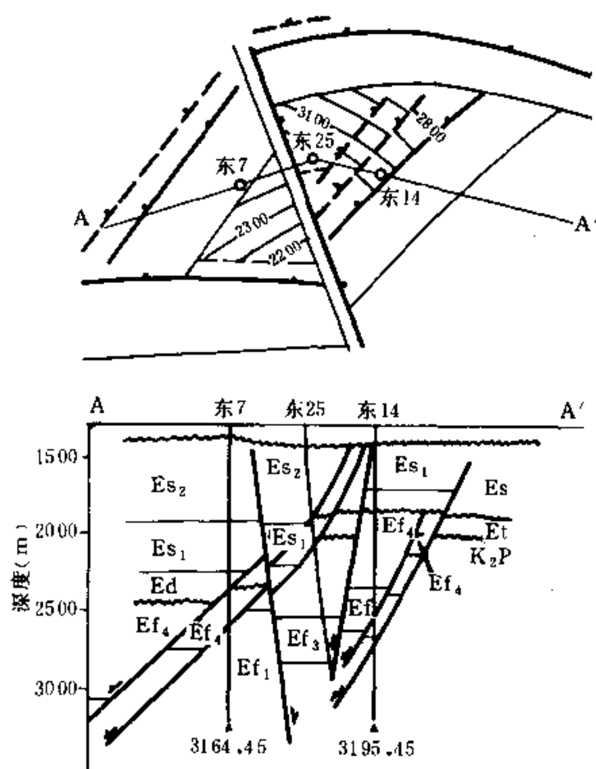
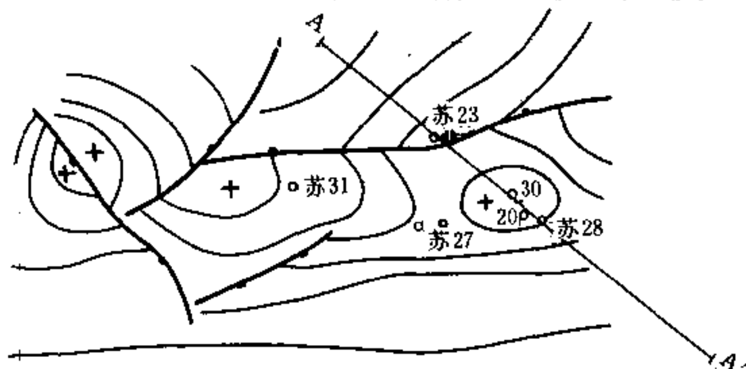


图 2-8-24　祝庄断块构造示意图

该带位于凹陷中部，主要由北东向展布的兴泰次凹和时堰次凹构成，在两次凹之间或次凹边部往往形成不同类型的构造圈闭，目前已发现的构造自西向东有：叶甸、戴南和史家堡等构造，这些构造的发育一般受次级断层的控制，次级断层可能成为油气运移的通道，按其所处的区域构造部位，也应是油气聚集的有利地带。如戴南构造是位于深凹带中部的断鼻构造，戴南组—三垛组构造层由东、西两个高点组成，圈闭面积约 0.5 平方公里，构造幅度约 50 米（见图 2-8-25）。该地区已先后钻探 7 口井，仅在高部位的苏 20 井于戴二段获工业油流，其余有 3 口井分别于垛二段、戴一、二段和阜三段见油气显示。但由于资料所限，构造细节尚不清楚，鉴于该构造处于兴泰和时堰两次凹之间的隆起之上，是寻找高产油气藏的有利地区，因此有待进一步研究和勘探。




至目前，在深凹带已钻的 24 口井，有 19 口见到不同程度的油气显示，其中有 1 口井于戴二段获工业油流，1 口井于阜三段获少量油流。

*3.北部斜坡带*

斜坡带是由深凹向吴堡低凸起过渡的地段，在该地段发育了一系列的北东向反向正断层，从而形成了一系列的断鼻构造，如茅山、徐富庄、曹家庄、伍家垛等鼻状构造。由于三垛组—戴南组地层保存不全，所以斜坡带以阜宁组—泰州组为勘探的主要目的层，目前共钻 16 口井，其中 10 口井见油气显示，位于茅山断鼻的苏 169 井于阜三段获工业油流。

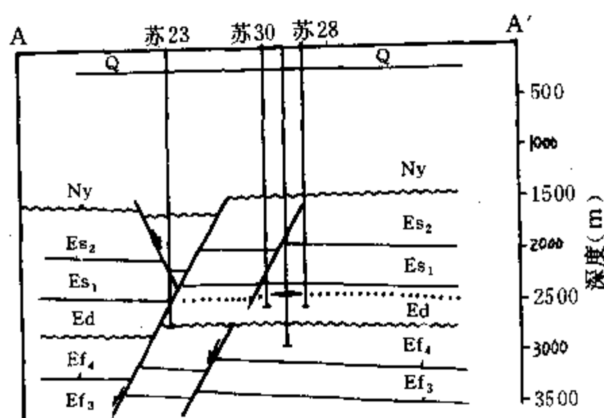


图 2-8-25　戴南地区戴南组顶面构造草图

根据岩相资料，本带处于砂岩体发育部位，储集层条件好，泰州组—阜宁组有较好的生油条件，有形成自生自储油气藏的可能性。

综上所述，溱潼凹陷下第三系的总生油量经初步测算为12.91～16.66亿吨，说明在该凹陷继续开展石油地质勘探是很有必要的，前景是乐观的。尤其是深凹带和断阶带，既具有较大体积的生油岩和较大的生油量，又具有较好的构造圈闭，生、运、储、盖条件俱全，面积约600～700平方公里，已发现的草舍油田和绝大多数获工业油流的井均在该范围之内，所以深凹带和断阶带是溱潼凹陷找油的最有利地区。

## 第五节 盐阜坳陷

盐阜坳陷在苏北盆地的北部，东临黄海，南以断裂与建湖隆起相接，西以淮阴—响水断裂与苏鲁隆起相隔，北接滨海隆起，面积9600平方公里（包括洪泽凹陷在内）。

区域构造位于郯庐断裂东侧，下扬子准地台的北缘；郯庐断裂与其东侧断裂呈帚状展布，盐阜坳陷则处于帚状的主体部位，其地层第三系至晚白垩系泰州组基本发育齐全，沉积最大厚度约5000米，为中、新生代沉积坳陷。

1956年对该区油气苗进行调查，地质部物探局作了1：100万航空磁测，1957年地质部华北石油普查大队作了1：100万重力概查。通过这些工作，发现苏北平原为一中、新生代沉降区，沉积岩厚度达2000～5000米，大体确定了主要构造线及坳陷的面积和范围。认为沉积岩主要为泥页岩及砂岩，具有一定的生、储油条件，基底为古生界—三叠系石灰岩。

1958年地质部华东石油物探大队作了南北和东西向的5条区域地震剖面，其中有3条通过盐阜坳陷。江苏省地质局石油普查大队在剖面上钻了剖面井。1959年华东石油物探大队布置了950公里地震剖面，1170公里电法剖面，并在盐城南作大地电流7000平方公里。

石油工业部华东石油勘探局于1958年在坳陷内作1：10万重力普查及在部分地区进行1：20万磁力普查，确定第四系之下有巨厚的中、新生界沉积，证实了1956～1957年重、磁力工作的认识，同时发现了许多局部重力正异常。1959～1961年进行了1：10万重力、1：20万磁力普查，1：10万电测深面积普查和1：10万地震普查，并在盐城凹陷的黄尖构造进行了1：5万地震详查。钻井工作：1958年7月20日在阜宁凹陷钻阜基井，1959年在蛤蜊港凸起、下王港凸起、建湖隆起、苏家咀凸起、阜宁凹陷、涟南凹陷、射阳凸起、盐城凹陷共钻27口井，其目的除作区域性解剖外，多立足于探隆起背景上的重力高。但由于对区域地质和局部构造情况不清，大部分井又都很浅（多小于1000米），未能获得预想效果。

1970年，国家计委地质局石油普查大队和物探大队，在研究了盐阜地区的物探和钻井资料后，重新在该区进行勘探。第四物探大队，1970～1972年在盐城坳陷进行地震区域普查，在凹陷南部作面积详查，完成51型地震剖面3028公里；1974～1975年在盐阜、洪泽地区作磁带地震剖面526.67公里。第六物探大队1976～1977年在盐城凹陷作1×2、2×2公里地震测网约2000公里，确定了凹陷范围及其构造形态；1977～1978年对涟水、阜宁地区进行数字地震12次叠加试验3000公里。钻井工作：本阶段石油普查大队在盐城凹陷、滨海隆起、射阳凸起、涟水凹陷、洪泽凹陷、淮阴凸起共钻井34口，井位大都位于凹陷内的构造高部位，其中见油气显示的有：盐深1井在1723.5～1860.5米阜二段见到6层泥灰岩条带含油，射1井在743.3～785.5米见有5层细砂岩孔隙含油，因事故未进行试油。

## 一、区域地质

*1.基底形成与地质结构*

基底，这里是指印支面所反映的起伏。据重力计算的基岩深岩与地震剖面综合解释和实际钻探结果吻合较好，布格重力异常图所表现的正负异常形态基本与基岩形态一致。

在盐阜坳陷东北，滨海隆起上钻探的射1井，于井深673.5米见盐二段覆于二叠系之上；滨海隆起与阜宁凹陷东端交界处的八大家钻射5、6井，见盐二段、泰州组分别不整合于石炭系石灰岩之上；蛤蜊港凸起蛤1井，涟南凹陷鲁港苏83井分别见到侏罗系、白垩系浦口组不整合于古生界石灰岩之上；在大东凸起上钻的涟2井见浦口组不整合于石灰岩之上，另外在建湖隆起东段引水沟所钻的引1、4、6等井，见盐二段均不整合于古生界二叠系之上。

上述各井的位置均在坳陷内的重力高及边缘的鼻状重力高之上。无疑，重力高与基岩的隆起有关，其上覆地层时代新老不一，说明后期沉积构造发展不同。以射阳—下王港凸起为界，以西的重力高带上有较厚的侏罗、白垩系沉积，射阳—下王港凸起及其以南地区，包括建湖隆起，古生界石灰岩之上大多为盐城组所覆盖，说明这一地区自中生代以来，除凹陷内接受沉积外，重力高带基本上一直处于上升隆起，直到盐二段时期才下沉接受沉积。

通过地震资料看出，凡布格重力异常图上等值线密集带，形态异常，方向上的扭曲和不协调均为断裂的反映。从该图上所解释的断裂与区域地质构造线相一致，以北东向为主，反映为基岩断裂；基岩断裂的分布范围，大小都可从几层等厚图中得到认识，它们对沉积构造、坳陷与隆起，凹陷与凸起的发育都起着严格的控制作用。

根据布格重力异常图及重力二次导数图，结合钻井资料可以看出，还有北西向的断裂存在，并对中、新生界沉积分布有一定控制作用。如三桥断裂，构成了两侧截然不同的亚一级构造单元的分界，南侧淮阴低凸起有厚达2300米以上的白垩系浦口组沉积而缺失下第三系，其上为盐二段所盖；断裂北侧涟水、阜宁凹陷、下第三系沉积发育，厚度在1000米以上，在苏家咀、大东凸起上，亦有厚度不大的下第三系阜宁组及白垩系沉积，这一断裂在燕山后期作用是明显的。

由于两组断裂的存在，带来了古地貌上的高低之分、沉积上的分割作用，物源上的多方向。在构造上以块断为主导形式，褶皱不发育，而形成剖面上的垒式凸起和堑式凹陷，以及单断凸起与箕状凹陷两大构造类型（图2−8−26a；2−8−26b）。

*2.坳陷发育与演化*

盐阜坳陷为苏北盆地的一个组成部分，其发育、演化特征与全盆地相一致。根据沉积层厚度、岩相变化和接触关系，其沉积、构造的发展可分为四个阶段。

（1）初期拉张阶段　在印支运动对前期基础地层的改造以后，开始了盆地的构造、沉积发展的新时期。

早白垩世末期，由于燕山运动强烈活动，使盐阜坳陷南北两侧的建湖隆起和滨海隆起上降，坳陷受到张性应力场的作用，产生了一系列的正断层。沉积受断裂的控制，以上白垩统浦口组为主体的红色含膏碎屑岩厚达2500米以上，沉积范围较大，但相带及厚度变化很大，反映为干旱炎热气候条件下补偿物质充足的快速河湖相沉积；并反映基底受构造运动而形成的高低不平，为填平补齐、拉张裂陷达到了高峰。

（2）中期坳陷阶段　仪征运动后，沉积湖盆加大，湖水加深变宽，从古一始新统的沉积粒度、颜色、岩相、古生物等，都反映为在温湿气候条件下具有良好还原环境的大坳陷湖盆

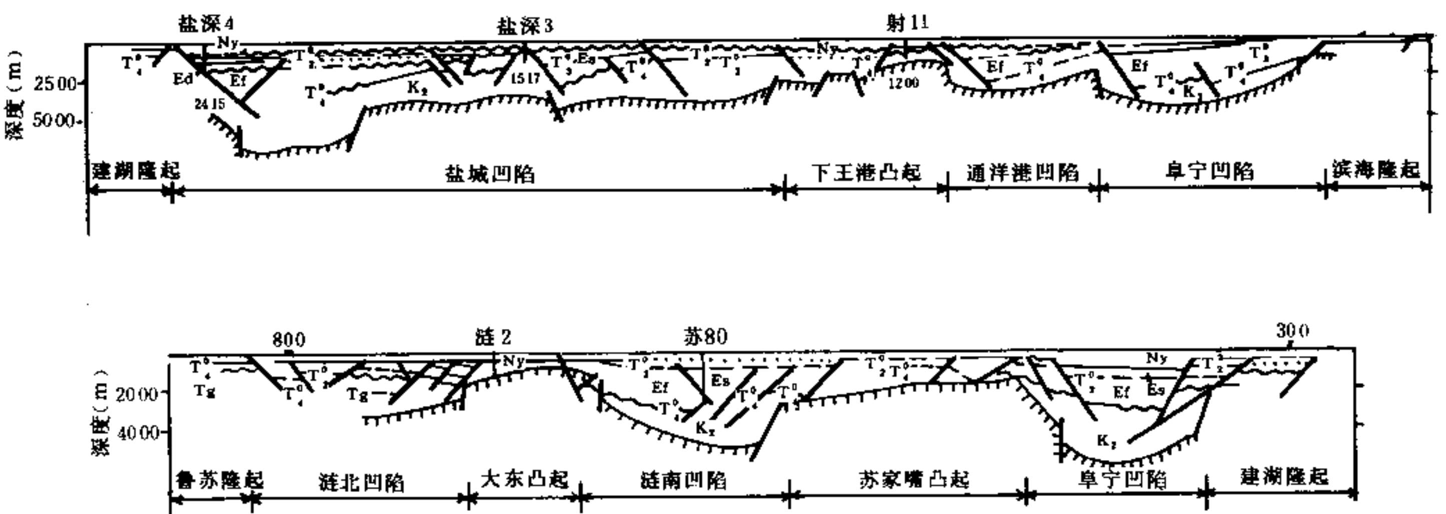



图2-8-26 地震、重力综合解释剖面

a—YN40测线;b—F150测线

的沉积面貌，沉积了厚达2000～2500米的泰州组—阜宁组地层，具有三个沉积旋回的完整生储盖组合系列，其间阜二段、阜四段可能还有海侵影响，具有丰富的有机质，为油气的生成创造了优厚的物质条件，成为盐阜坳陷的主要生油岩沉积。

根据15条地震剖面及一些钻井资料编制的四层等厚图（图2–8–27，图2–8–28），表明古一始新统的沉积厚度变化与布格重力异常图正负值变化相一致，盐城凹陷处于重力低异常区，也是沉积厚度最大的地区，这一盆状重力低，其等值线在长荡、洋马港（即盐深3井至盐深1井）两处扭曲，形成两个相向倾没的鼻状异常，其上沉积层变薄，构成一断阶而将

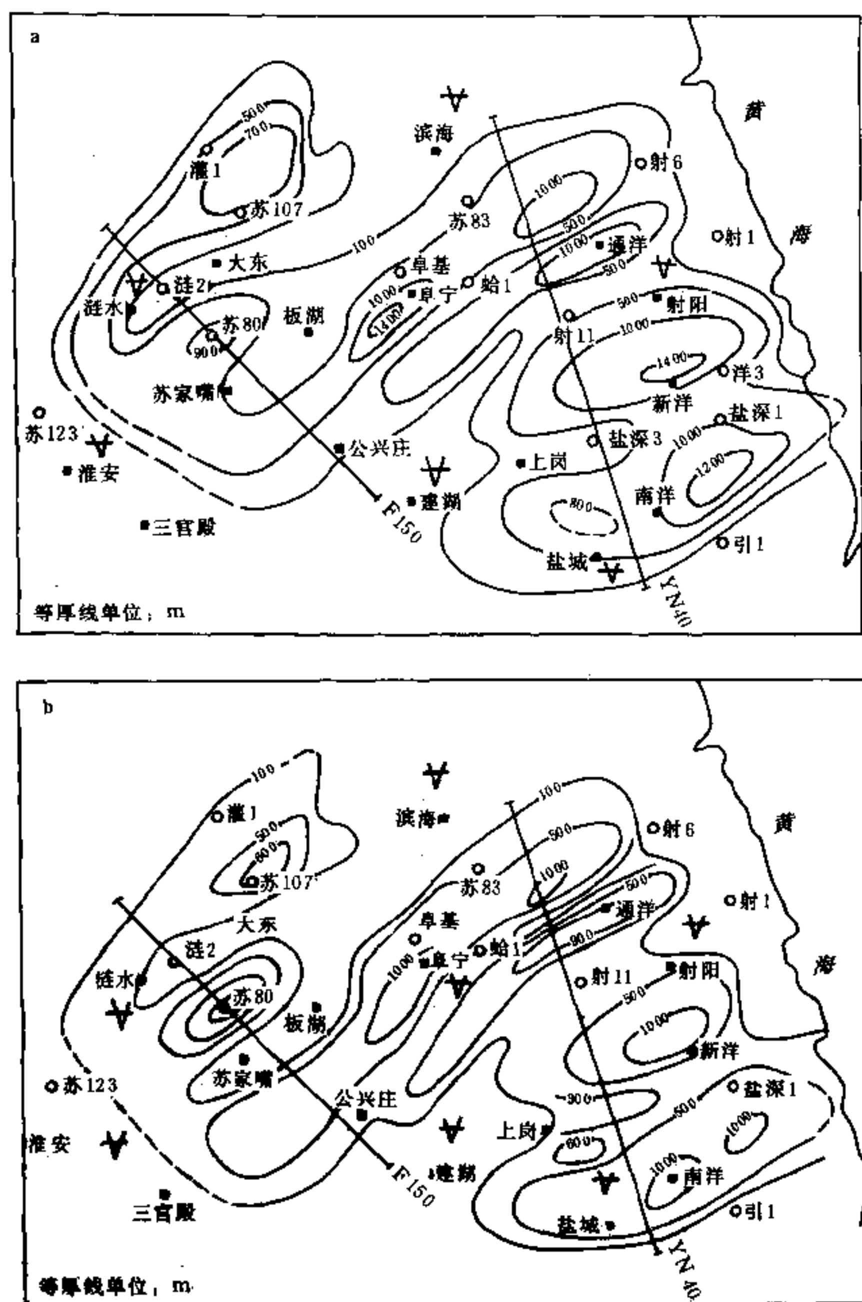



图2–8–27　盐阜坳陷泰州组、阜宁组地层等厚图

a—泰州组—阜一段($T_4^0$–$T_3^3$)等厚图；

b—阜二—阜四段($T_3^3$–$T_3^0$)等厚图

盐城凹陷分隔成南（南洋）、北（新洋）两个次凹。在阜宁坳陷和通洋港凹陷形成了 3 个走向一致的厚度中心。

总之，拉张阶段之后，随着张应力的释放，盆地开始转为坳陷阶段，再次下沉，从而接受了泰州—阜宁组湖相沉积。

(3) 后期断陷阶段　吴堡运动再次使湖盆抬升，致使始—渐新统戴南组和三垛组沉积范围缩小，仅在原湖盆中心的盐城凹陷继续下沉，沉积了厚约 264.5 米的戴一段，并与阜宁组呈假整合（图 2-8-28a）。戴一段沉积后盐城凹陷才上升，与整个盐阜坳陷均遭受剥蚀，因

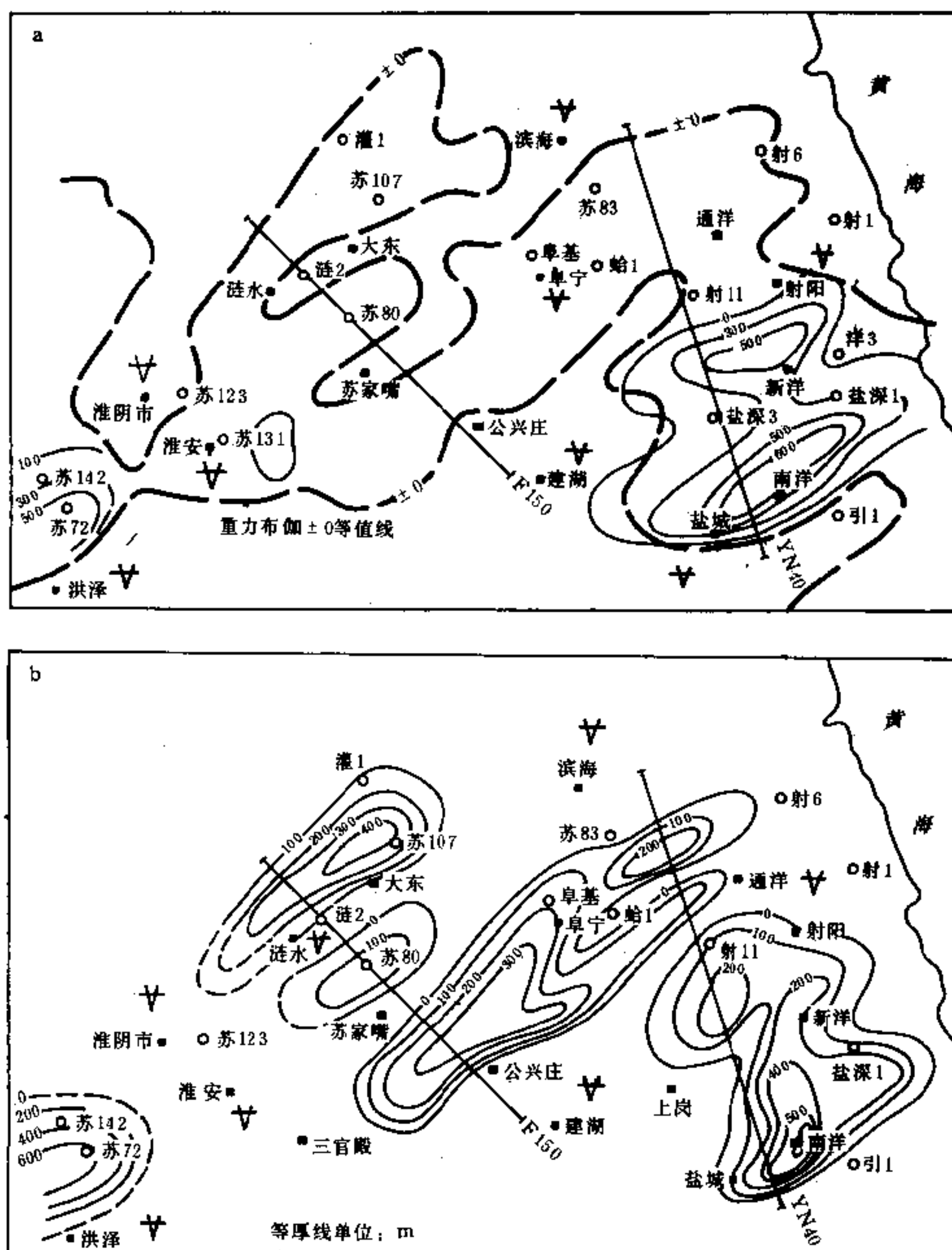



图 2-8-28　盐阜坳陷戴南组、三垛组地层等厚图

a—戴南组($T_3^0$–$T_2^4$)等厚图；b—三垛组($T_2^3$–$T_2^0$)等厚图

而缺失戴二段沉积。垛一段时期盐城凹陷复又下沉，沉积了100～400米的砂、泥岩。垛二段时，整个坳陷再次下沉，厚达200～600米的垛二段广泛超覆于阜宁组不同层段之上。其沉积范围及厚度变化基本与古—始新统沉积相一致（图2-8-28b）。

在戴南、三垛组沉积期，伴随有北东向断裂和岩浆喷发活动，使坳陷湖盆解体，构成了一系列大小不一的箕状断陷，奠定了坳陷内的次级构造（凹、凸）格局。

(4) 末期萎缩阶段　强烈的三垛运动之后，断陷活动基本停止，湖盆萎缩消亡，整个坳陷以平原河流相沉积为主，局部有海侵影响，为一个东倾单斜披覆式沉积，原来的几个水下隆起部分仍有显示。

从沉积、构造的发展变化可以看出，盐阜坳陷在古—始新世时期为长期稳定下沉的深水湖相发展时期，有机质丰富，有利于油气的生成和保存。始—渐新世时期为充填式沉积，反映局部的快速沉积，大范围是处于隆起，盆地萎缩衰亡，不利于油气生成和聚集。上—中新世单斜披覆式沉积反映一个盆地上升而准平原化，代表盆地发展的结束。

*3.构造单元的划分*

盐阜坳陷的勘探程度较东台坳陷低，构造单元的划分主要依据基岩形态与埋深，基岩断裂、沉积岩厚度等。在重力、地震、钻井资料均较吻合的基础上，以布格重力异常图为划分构造单元的基础资料。

盐阜坳陷处于扬子沉降带，具有完整的古生界沉积基础，历经印支—燕山期强烈构造运动，成为有较厚陆相沉积的中、新生代大型坳陷。其构造运动特点，以块断运动和差异升降运动为主体，并伴有火山喷发活动。因此，断裂活动对沉积层分布的差异，构造线方向的变化有着严格的控制作用，所以，断裂可作为构造单元划分的具体界线。

综合各方面的资料，并根据淮阴—响水断裂、涟水断裂、三桥断裂、苏家咀断裂、洪泽—下王港断裂、盐城断裂等，将盐阜坳陷划分为六凹、六凸，即：洪泽、涟北、涟南、阜宁、通洋港和盐城凹陷，淮阴、大东、苏家咀、蛤蜊港、下王港和射阳凸起。

**二、油气地质条件**

*1.油气显示*

盐阜坳陷的油气显示分布范围广，见显示井19口，其中盐城凹陷6口，洪泽凹陷4口，射阳凸起3口，蛤蜊港凸起2口，阜宁凹陷2口，淮阴低凸起1口，涟南凹陷1口。另外，在建湖隆起引水沟和公鸡弯及滨海隆起东南角的射1井亦见到油气显示，以盐城、洪泽两个凹陷及引水沟的含油显示较好，其余多为气显示。

油气显示层位多，自下而上显示的类型为：

1）二叠系(?)在射1井743.3～760.1米井段的3个岩心段，建湖隆起引水沟的引1井于1441～1442米井段分别取到含油砂岩和油砂颗粒。

2）浦口组在盐城凹陷苏95井有油迹含砾砂岩，在淮阴凸起苏123井1794.42～1794.62米井段取芯见泥岩裂隙含油。

3）泰州组在苏95井有油迹、油斑细砂岩及含砾砂岩，在洪泽凹陷苏154井有油迹、油斑显示，射阳凸起边缘射10、射11井有气显示。

4）阜二段在盐城凹陷的盐深1、苏89、苏100井，洪泽凹陷的苏72、苏142井多层含油，为泥灰岩条带、裂隙、晶洞、黄铁矿颗粒、方沸石化凝灰岩等含油和油迹。该段油页岩普遍发育并可点燃。阜四段在苏154井有多层泥灰岩含油及油迹、油斑细砂岩，苏166井见泥岩裂隙含油。

5）垛一段、盐城组普遍有气侵，多分布于断裂和各二级构造单元接界处。

上述油气显示说明，古生界、浦口组、泰州组都曾聚集过石油，如果具备构造和盖层条件，则可形成油藏；阜二、四段众多的油气显示及其类型反映其具有生油条件，当具有储集层和构造条件时也可聚油；盐城组普遍含气，但因岩性粗，缺乏盖层和圈闭条件，难以形成油气藏。

*2.生油岩与生油指标*

新生界齐全，基本上为连续沉积，有利于生油演化。特别是凹陷南北两侧的建湖隆起，塘洼凸起上的引1、引3及射1井于二叠系见到油砂，反映凹陷南北两侧油气运移很活跃。

根据北京石油勘探开发科学研究院确定的生油指标，有机碳大于0.4%，沥青"A"含量大于100ppm为生油岩的下界。用其指标对照苏89井岩屑分析资料，除垛二段无生油条件外，其它各层均有可能生油，其中阜二段为良好生油岩（表2-8-17）。

**表2-8-17　苏89井生油岩地球化学分析**

| 分析数据项目 \ 层位／样品数 | $Es^2$ ／2 | $Es^1$ ／1 | Ed ／3 | $Ef^4$ ／2 | $Ef^3$ ／2 | $Ef^2$ ／5 | $Ef^1$ ／3 | Et ／4 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 有机碳(%) | 0.48 | 0.62 | 1.22 | 1.14 | 1.28 | 1.68 | 0.62 | 0.88 |
| 沥青"A"(%) | 0.038 | 0.066 | 0.076 | 0.071 | 0.09 | 0.23 | 0.06 | 0.034 |
| 烃(ppm) | 45.75 | 108.31 | 89.16 | 183.56 | 165.58 | 716.57 | 165.75 | 119.14 |
| 烃转化率 | 0.95 | 1.75 | 0.73 | 1.62 | 1.29 | 4.27 | 2.67 | 1.36 |
| 饱和烃(%) | 9.38 | 9.38 | 7.76 | 24.85 | 13.74 | 22.72 | 17.77 | 25.75 |
| 芳香烃(%) | 8.37 | 7.03 | 4.24 | 7.57 | 4.195 | 7.23 | 6.15 | 10.71 |
| 非烃+沥青质(%) | >80 | >80 | >85 | 68 | >80 | 70 | 75 | 65 |

阜宁组生油岩具有丰富的有机质，且具有保存有机质的还原环境，以阜二段最好（表2-8-18）。

**表2-8-18　盐深1、盐深4井地球化学指标分析**

| 井号 \ 项目 \ 层位 | $Ef^4$ | | | | | $Ef^3$ | | | | | $Ef^2$ | | | | | $Ef^1$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ | S | C | 沥青 | 沥青／C | $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ | S | C | 沥青 | 沥青／C | $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ | S | C | 沥青 | 沥青／C | $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ | S | C | 沥青 | 沥青／C |
| 盐深1 | | | | | | 3.66 | 0.16 | 0.77 | 0.01 | 0.014 | 9 | 1.06 | 1.29 | 0.038 | 0.029 | 6.04 | 0.62 | 0.60 | 0.027 | 0.011 |
| 盐深4 | 3.69 | 0.87 | 1.15 | 0.008 | 0.007 | 4.88 | 0.81 | 1.48 | 0.008 | 0.007 | | | | | | | | | | |

根据对几个凹陷古—始新统沉积最大厚度的对比及暗色泥质岩厚度统计，盐城凹陷具有较为优越的条件（表2–8–19，2–8–20）。

**表2–8–19　古—始新统沉积最大厚度对比表**

| 厚度(m)＼凹陷<br>地层 | 盐城 | | 阜宁 | | 涟南 | | 涟北 | | 洪泽 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 厚度 | 井号 | 厚度 | 井号 | 厚度 | 井号 | 厚度 | 井号 | 厚度 | 井号 |
| $Ef^{4}$ | 253.0 | 苏89 | | | 355.5 | 苏80 | 124.5 | 涟1 | 212.0 | 苏166 |
| $Ef^{3}$ | 311.0 | 苏100 | 168.5 | 阜基 | 264.0 | 苏80 | 325.0 | 灌1 | 410.0 | 苏160 |
| $Ef^{2}$ | 281.5 | 苏100 | 303.0 | 阜基 | 255.5 | 苏118 | 256.5 | 苏107 | 420.0 | 苏72 |
| $Ef^{1}$ | 615.0 | 苏89 | 119.0 | 阜基 | 437.0 | 苏118 | 448.5 | 苏76 | 589.5 | 苏72 |
| Et | 457.0 | 苏95 | 145.0 | 阜基 | 229.0 | 苏118 | 422.5 | 苏76 | 542.0 | 苏160 |

**表2–8–20　古—始新统暗色泥岩厚度统计表**

| 厚度(m)＼凹陷<br>类别 | 盐　城 | 阜　宁 | 涟　水 | 洪　泽 |
|---|---|---|---|---|
| 最大累计厚度 | >1200 | 950 | 950 | 900 |
| 一般累计厚度 | 550～900 | 400～500 | 450～600 | 400～550 |

*3.储集层条件*

从对各层段的砂、泥岩含量统计，盐城组砂岩占45～59%，三垛组砂岩占27～55%，戴南组占30%，泰州组占17～35%，阜二、四段生油岩中砂岩亦占2～10%，说明盐阜坳陷储集层是不缺乏的。从仅有的几口井分析资料，盐城凹陷洋1井三垛组砂岩孔隙度20～22%，渗透率$1505\times10^{-3}$二次方微米；苏89井垛一段砂岩孔隙度11～28.3%，渗透率$46.5\times10^{-3}$～$127.6\times10^{-3}$二次方微米，阜四段砂岩在洪泽凹陷苏154井孔隙度14～15.8%，渗透率$5.7\times10^{-3}$～$46.3\times10^{-3}$二次方微米。因物性资料少，不具代表性，但可说明各段砂岩具有油气储集的孔、渗条件。

*4.圈闭条件*

据1970年以来的地震勘探资料所编制的构造图，说明盐阜坳陷局部构造不发育，基本上以单断凸起所形成的超覆、不整合、以及基岩受断裂作用所形成的单面山形态为主，以及地垒式断块所构成的断块与断层封闭。

坳陷内基岩浅、断裂发育，早期的块断活动为潜山发展创造了条件，凸起的发展，凹陷内断阶的分布，隆起与坳陷间的断裂活动是潜山分布的主要场所。钻井资料表明，古生界石灰岩裂隙、溶洞很发育，有些井钻遇石灰岩面发生泥浆漏失，说明石灰岩潜山具有良好的储

油条件。

盖层条件在古—始新统是不缺乏的，始—渐新统亦有较厚的泥质岩分布，但从区域上看三垛组、盐城组都有气显示，而上第三系盐城组为河流泛滥平原相，缺乏大区域的沉积盖层。

# 第九章 油气田概述[1]

苏北盆地自1975年真武油田投入试生产以来，陆续发现和开发了一批油气田。由于此后的勘探工作量主要布置在盆地南部以高邮凹陷为主的东台坳陷，其油气田的发现率也以高邮凹陷为最高，截至1988年末，高邮凹陷所发现的油田其探明储量约占盆地探明储量的88%左右。盆地中开发历史较长，面积相对较大的是真武油田，其中1988年产量约占江苏油田当年产量的40%，累计产量达320万吨以上，因此以长期持续高产稳产而称著于苏北。除此之外，盆地内还有许多低渗透油藏也投入了正式开发，均见到了较好的效果，但因地质条件比较复杂，其油层潜力还未充分发挥。现将盆地内各凹陷的主要油、气田，分述如下。

## 第一节 真武油田

### 一、概况

真武油田位于江都县真武镇境内，区域构造处于高邮凹陷南部江都—吴堡—博镇断裂带中段，是真2号断层下降盘的一个逆牵引背斜。

1973年由地震勘探发现该构造，1974年11月江苏省石油勘探指挥部所钻的苏58井在戴二段试油，首获日产56立方米的工业油流。1975年4月石油工业部组建了江苏石油勘探开发会战指挥部，对真武油田进行详探、开发。1976年8～12月相继在真11、真12、真20井获得日产231、430、1020吨的高产油流，发现了真11，真12富集断块。1977年底真武油田正式投入开发，1981～1983年进行了以真12断块垛一段细分层系为重点的调整工作，进一步完善注采井网，较好地发挥了各砂层组的生产能力，提高了采油速度和储量动用程度。12年来年产油量持续稳定在30万吨左右。在注水开发、调整的同时，油田不断详探扩边，在构造东部和北部又发现了一些新的含油区块（见表2-9-1）。

### 二、构造特点

1）真武构造是真2号断层下降盘的逆牵引背斜（见图2-9-1）。

真武逆牵引背斜北缓南陡，地层倾角8°～27°，以垛一段下部黑色泥岩标志层计算，圈闭面积21平方公里，闭合高度100米。

真2号断层是控制构造形成、沉积相带展布、油气运移和聚集的一条区域性同生正断层，据地震和钻井资料，走向北东，倾向北西，倾角近45°，在真武油田地段断距200～500米；它形成早，长期发育，多次活动，结束晚；于阜宁组沉积前开始产生，在阜宁组末期吴堡运动和三垛组末期三垛运动时均有较强的活动，一直延续到盐城组沉积末期。断层的生长指数较高（表2-9-2）。

断层两盘的地层厚度与岩性均有很大差异，上升盘岩性较细，下降盘较粗。下降盘有利的储集层（垛一段4～7砂层组及戴南组上部地层）正好与上升盘的以泥质岩为主的戴南组下部及阜宁组地层相接触，构成了良好的侧向封闭。由于正断层下降盘的沉降造成地层向断

[1] 本章编写参阅了江苏油田各油田开发研究报告及华东石油局的有关报告。

**表 2-9-1　苏北各油田基本数据表**

| 油田 | 地震测网密度(km) | 钻井进尺(m) | 取芯 | | | | 平均单井产量(t/d) | 累计采油(核实)($1\times10^4$t) | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 井数(口) | 进尺(m) | 芯长(m) | 收获率(%) | | | |
| 真　武 | 0.5×0.5 | 276095.68 | 27 | 1551.19 | 1369.04 | 88.3 | 15.9 | 322.0 | |
| 曹　庄 | 0.5×0.5 | 124726.64 | 21 | 619.18 | 556.24 | 89.8 | 6.6 | 28.7 | |
| 黄　珏 | 0.5×0.5 | 111523.56 | 26 | 661.97 | 620.76 | 93.8 | 4.4 | 23.5 | |
| 富　民 | 0.5×0.5 | 205428.64 | 43 | 2007.74 | 1814.6 | 90.4 | 15.4 | 53.5 | |
| 徐家庄 | 0.5×0.5 | 42990.16 | 12 | 408.79 | 399.77 | 97.8 | 22.1 | 6.9 | |
| 联盟庄 | 0.5×1.0 | 110925.18 | 25 | 770.58 | 745.76 | 96.8 | 4.5 | 10.8 | |
| 刘　庄 | 1×1.0 | 53021.10 | 10 | 490.83 | 423.69 | 86.32 | 1.7 | 4.7 | |
| 卞　东 | 0.5×1.0 | 33198.74 | 6 | 146.58 | 146.50 | 99.9 | 11.7 | 3.0 | |
| 安　丰 | 0.5×1.0 | 43135.2 | 8 | 281.91 | 266.43 | 94.5 | 20.1 | 5.0 | |

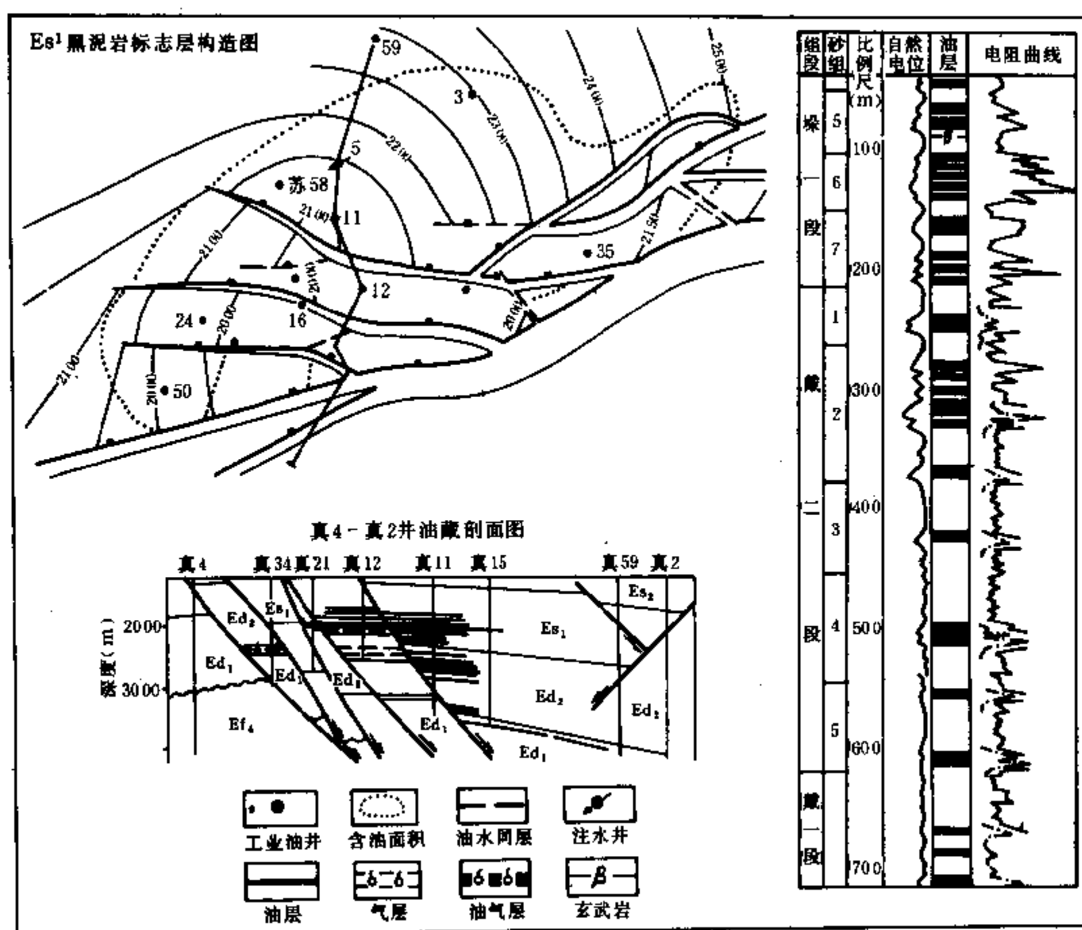



图 2-9-1　真武油田地质综合图

层面回倾，在阜宁组沉积末期，形成了真武古构造雏形。以后不断的边沉边断边隆，造就了今日的滚动背斜。三垛运动使构造隆起幅度加大，今构造形态基本定型，该时期为油气主要运移聚集时期，来自樊川次凹阜宁组的油气沿真2号断层运移聚集于真武构造。

表 2-9-2　真2号断层生长指数

| 层位 | | 戴一段 | 戴二段 | 垛一段 | 垛二段 |
|---|---|---|---|---|---|
| 厚度(m) | 下降盘 | 500 | 543 | 529 | 625 |
| | 上升盘 | 332 | 239 | 173 | 230 |
| 生长指数 | | 1.5 | 2.3 | 3.0 | 2.7 |

2）构造被两组断层切割成若干小断块，块间油水分布差异大。

真2号断层派生出一系列次生断层把构造切割成若干断块，构造内部有12条北东和东西向的正断层,断面北倾，倾角55°～65°，断距一般数十米至200米，最大350米，延伸长一般1.5～2.5公里，最长3.8公里。将构造分割成自南向北逐级下降的3个断块区（真16、真12、真11断块区），9个含油断块。断层分隔作用明显，油水分布差异大，各断块自成独立的油水系统，在同一断块内，纵向上含油井段长，有多套油水系统，没有统一的油水界面。各断块的储量丰度和开启程度均有差异，含油带都紧贴断层，分布于断块的高部位。

**三、地层与砂层组简述**

真武油田第三系发育齐全，从老到新分泰州组、阜宁组、戴南组、三垛组、盐城组。含油层系有戴一段、戴二段、垛一段三套。根据岩性、电性、旋回性特征，三套油层共划分15个砂层组。

由于沉积环境的不同，造成了三套层系岩性、物性上的差异。自渐新世以来，真武地区经历了戴一段湖进，戴二段湖退及三垛组河流泛滥的不同阶段。戴一段以湖相近岸水下扇沉积为主，钻穿厚度一般400～500米，最厚为753米，其中砂岩厚度一般20～40米，砂岩不发育，地层以浅灰一深灰色泥岩为主夹薄层粉细砂岩，岩性致密。灰质含量高达15～30%，物性差，渗透率一般只有$2.4\times10^{-3}$～$46.4\times10^{-3}$二次方微米，但也有个别渗透率较高的地段。油砂体多为小透镜体，单砂层厚度一般1～4米。据岩性、韵律性、电性特征，将戴一段划分为3个砂层组：第1砂层组钻遇井较多，厚度138～148米，其中砂岩厚约5～10米；第2砂层组厚度为150～227米，其中砂岩厚一般10～15米，最厚26.2米，在东西两翼砂岩较发育，顶部较差；第3砂层组钻遇井仅7口，厚度一般150～250米，砂层也是在构造东、西翼较发育而顶部很少。

戴二段为湖退沉积，真武地区处于滨浅湖—三角洲相带；为一套褐色泥岩夹含膏泥岩与浅棕、灰色灰质粉细砂岩，含膏细砂岩不等厚互层；平均总厚550米，具下细上粗反旋回特点。据岩性电性和次级旋回性变化共划分5个砂层组。上部1、2砂层组主要为石英细砂岩夹粉砂岩、中砂岩，平均粒度中值0.09～0.19毫米；单砂层厚度一般2～5米，砂层连通性较好，连通百分比50～70%；砂体多呈条带状，分布较广，主体部位较厚，物性好，向两侧变薄变差；反映了三角洲分流河道与河口坝砂的特点。下部3～5砂层组属滨浅湖相沉积，砂岩较少；岩性较细而均质，为粉砂岩夹粉细砂岩；砂体多呈透镜状分布，单层厚度较

薄，一般1～3米；连通性较差，砂层连通百分比小于50%；物性差。

垛一段是湖泊萎缩河流发育的河流—三角洲相沉积。地层厚度一般500米。下部为浅灰、灰白色块状粉细砂岩—细砾岩夹棕红色泥岩；中上部为棕红色泥岩夹浅棕、浅灰色粉细砂岩；呈下粗上细的一级正旋回；进一步分为7个二级正旋回即7个砂层组。单砂层内的粒级韵律大都也是正韵律或复合正韵律，物性特征也与韵律的变化相适应。砂体平面分布较广，连通性好，砂层连通百分比为70～100%。单砂层厚度一般3～8米，最厚26米。储集层物性好。在6～7及5～6砂层组之间分别以黑色高电导泥岩及玄武岩标志层相隔，为细分开发层系的隔层。7个砂层组中含油的是下部4～7砂层组，第6砂层组在砂体分布面积、厚度、物性、储量等方面均居首位，是最重要的主力产层。

**四、储集层特征**

*1.油层物性差异大*

真武油田的储集层类型均为孔隙型长石石英砂岩。不同的沉积相决定了储集层物性的差异。处于河流相、三角洲分流河道及河口坝等相带的砂岩粒度较粗，物性好。如垛一段第6、7砂层组平均粒度中值0.263～0.226毫米，平均孔隙度21～23%，平均空气渗透率$2297.7\times10^{-3}$～$1061\times10^{-3}$二次方微米；4、5砂层组平均粒度中值0.103～0.175毫米，平均孔隙度23～26%，平均渗透率$606\times10^{-3}$～$1235.7\times10^{-3}$二次方微米。戴二段上部1、2砂层组为三角洲分流河道及河口坝砂体，物性也较好，平均粒度中值0.09～0.19毫米，平均孔隙度22～24%，平均渗透率$262\times10^{-3}$～$757\times10^{-3}$二次方微米。而属于滨浅湖相的戴二段下部3～5砂层组平均孔隙度17～20%，平均渗透率$4.9\times10^{-3}$～$130.3\times10^{-3}$二次方微米。属于近岸水下扇沉积的戴一段油层物性更差，孔隙度8～18.8%，渗透率$1\times10^{-3}$～$70.6\times10^{-3}$二次方微米，砂层横向连通性很差，多为孤立的透镜体，如真24与真48井，在同一断块内两井相距500米，共有8个油层，而只有一个油层连通。

*2.层内非均质差异大*

主要的储油层内部存在着严重的非均质性。虽然砂岩的胶结类型、孔隙结构较好，大部分为孔隙式胶结，少数为孔隙—接触式胶结，孔隙以原生粒间孔隙和次生粒间溶孔为主，其次是粒内孔，压汞实验资料表明排驱压力小，孔隙喉道大小分布以粗孔占优势，主要集中在10～25微米的孔隙半径区间，但是，储集层的非均质情况还是比较严重的。以物性最好的垛一段第6砂层组为例，统计22块岩样的压汞资料，有9块样品的孔隙分布曲线和11块样品的渗透率分布曲线出现双峰。同一砂层内不同样品的渗透率相差10.7～22.7倍，渗透率级差是相当大的。垛一段、戴二段油层渗透率累积分布曲线均属Γ（X）型，其自由度为1.0～1.2。

*3.储油层表面性质普遍具有良好的亲水性*

水测相对渗透率普遍较低，油、水两条相对渗透曲线的交点偏向含水饱和度高的一侧，一般在0.6左右。据156块岩样的润湿性试验统计，吸水量占饱和油量的百分数一般都在30～60%，少数达70%以上，而吸油量却很少，绝大部分不吸油。1982年用密闭取芯的岩芯对润湿性试验进行了验证，结果是12块样品中有10块只吸水不吸油，一般吸水量占饱和油量的50～70%，最高达91%，其余2块吸油的样品吸水量占饱和油量49.3～70.1%，而吸油量仅占饱和水量的3.85～7.39%。再次证实了油层的强亲水性质。

**五、油藏类型与驱动类型**

前已述及，真武构造是真2号断层下降盘的滚动背斜，油气聚集在背斜构造的高部位，

主要受构造控制。另一方面，由于构造被断层切割成若干断块，各断块含油层位不尽相同，储量丰度差异很大，油层分布受断层控制。例如垛一段第6砂层组为高渗透性厚层块状砂岩，在真12断块大面积含油，油水界面深度为-1986米；而其南的真16断块被断层抬高50米，则为水区，水顶深度-1926米；真12断块以北的真11断块，油气仅聚集在断块的高部位，油水界面深-2066米。各断块无统一的油水界面。在同一断块内油层都紧靠断层的高部位，沿地层下倾方向油层变少变薄，逐渐变为油水过渡带进入水区。根据控制油藏圈闭的成因与形态结合划分油藏类型，垛一段6、7砂层组是构造断层控制块状油藏。垛一段4、5和戴二段1、2砂层组是构造断层控制层状油藏。戴二段下部3～5砂层组和戴一段是构造断层控制的岩性油藏。例如构造东西两翼的上倾尖灭油藏和透镜体油藏，受岩相、岩性变化影响很大，均为在构造背景下受岩性控制的油藏。还有小部分是断层与岩性尖灭相结合的断层—岩性油藏。

由于油层沉积条件、各断块几何形态与开启程度、油藏的类型等不同，导致油藏的驱动类型也不同，大致可分三类：

(1) 弹性水压驱动　主要是有较大边水区的开启断块的垛一段的油藏。边水活跃，开发过程中，边水区起始压降小，边水驱动系数37～84，油层产能高，生产比较稳定，压力下降缓慢。例如真12断块垛一段油藏的弹性率达337526吨／兆帕，每采1%地质储量油层压力下降0.13兆帕；真16断块垛一段油藏在投入注水开发以前靠天然能量开采，采出程度10.8%而地层总压降只有0.68兆帕。

(2) 局部弹性水压驱动　主要是开启断块内的戴二段上部（1、2砂层组）的油藏。油层具有一定的边水能量，边水驱动系数20～41.8，与第一类相比，弹性产率稍低，一般在20394～50986吨／兆帕，在较高的采油速度下，天然能量的补充就不能满足需要，因此，油层产能及稳定情况也较差，例如，真11断块戴二段上部的两个主要开发单元采出程度仅6.41～11.93%，而总压降已达30.2～24.0兆帕。

(3) 弹性驱动　主要是戴二段下部及戴一段的油藏。它们都缺乏边水能量，弹性产率很低，为377～989吨／兆帕，生产中产量、压力下降很快。

真武油田没有气顶，地下原油的饱和压力很低，垛一段原油的饱和压力为1.61～2.18兆帕，戴一段饱和压力最高，为8.9～15.73兆帕。油层埋藏深，地饱压差大。预计今后开发过程中不可能产生气顶驱动与溶解气驱的驱动类型。

## 六、流体性质

真武油田的原油性质较好，属轻质、低含硫原油，纵向上有自上而下变好的趋势，但总的差异不大，平面上同一含油层系原油性质没有明显变化。天然气相对密度0.634～0.891，甲烷含量58.9～88.4%。油田水属$NaHCO_3$型，主要分析数据见表2-9-3。

## 七、油气层压力和温度

垛一段和戴二段的油层压力系数基本在0.1兆帕／10米左右，与静水压力大致相同。油层在试油中的实测原始压力系数一般在0.096～0.098之间。戴一段油层压力系数一般在0.073～0.095之间，个别较高达0.12。

垛一段油层埋藏深度在1850～2160米左右，平均油层深度2000米。戴二段及戴一段油层埋深分别为1930～2710米及2700～3200米左右，其平均油层深度分别为2300米及2900米。油层平均原始压力也分别在19.61、22.55及28.44兆帕左右。

根据实测资料，油田区地温梯度为2.5℃／100米，油层温度一般在50～75℃左右。

表 2-9-3　真武油田油、气、水性质表

| 项目 \ 含油层系 | | 垛一段 | 戴二段 | 戴一段 |
|---|---|---|---|---|
| 原油性质 | 相对密度 | 0.84～0.85 | 0.82～0.835 | 0.815～0.836 |
| | 地面粘度（mPa·s） | 11.9～18.2 | 7.2～14.5 | 4.7～13.8 |
| | 地下粘度（mPa·s） | 5.5～6.6 | <0.5～3.78 | <1.0～2.22 |
| | 含硫（%） | 0.7～0.81 | 0.61～0.91 | 0.74 |
| | 含蜡（%） | 28.67～33.0 | 26.6～32.02 | 28.8～34.7 |
| | 凝固点（℃） | 35～40 | 35～38 | 35～39 |
| | 饱和压力（MPa） | 1.61～2.18 | 5.51～8.17 | 8.9～1.57 |
| | 地饱压差（MPa） | 16.85～17.56 | 13.45～16.76 | 13.73～16.67 |
| | 原始油气比（$m^3/t$） | 12.4～16.5 | 37.9～52.6 | 64.5～132.7 |
| 油田水 | 总矿化度（mg/l） | 15000～18000 | 9500～17000 | 5000～11500 |
| | 氯离子（mg/l） | 8000～10600 | 4000～10500 | 2000～9000 |
| | 水型 | $NaHCO_3$ | $NaHCO_3$ | $NaHCO_3$ |
| 天然气 | 相对密度 | 0.896 | 0.772～0.815 | 0.634～0.827 |
| | 甲烷含量（%） | 59.9 | 69.5～73.6 | 70.1～88.4 |

## 第二节　曹庄油田

### 一、概况

曹庄油田位于江都县三周乡境内。西以一平缓的鞍部与真武构造相连，南以真二号断层与许庄断鼻相接，东与肖刘庄构造相邻，北临樊川次凹。是江都—吴堡—博镇断裂带下降盘的一个断鼻构造。

该构造在 1974 年地震勘探中被发现，1976 年真 8 井钻探中在戴二段发现油气显示，1979 年 11 月钻曹 2 井时发现戴二段油层，1980 年 3 月试获工业油流。截至 1988 年底，完钻井 38 口，其中工业油流井 24 口。至该年底，油田共有采油井 18 口，日产水平 106.3 吨，累计采油 28.78 万吨，（表 2-9-1）。

### 二、构造特点

曹庄构造为真 2 号断层下降盘的一个断鼻构造（图 2-9-2）。东西长约 5 公里，南北宽 2～3 公里。真 2、曹 1 断层控制了曹庄地区的油气聚集。真 2 号断层由真武构造向东延伸至本区，走向北东东，倾向北西西，断面倾角 50°，断距在本区三垛至戴南组为 360～800 米，是吴堡运动及其以后长期活动的同生断层，控制了沉积相带的展布和油气运移聚集与保存。曹 1 号断层是真 2 号断层长期发育过程中的派生断层，其走向大体与之平行，延伸长度大于 5 公里，北倾，断面倾角 55°，三垛至戴南组断距 200～350 米，也是控制本区油气运

移、聚集的主要断层，该断层两侧断块构造的形态与油层的分布均有较大的差别。

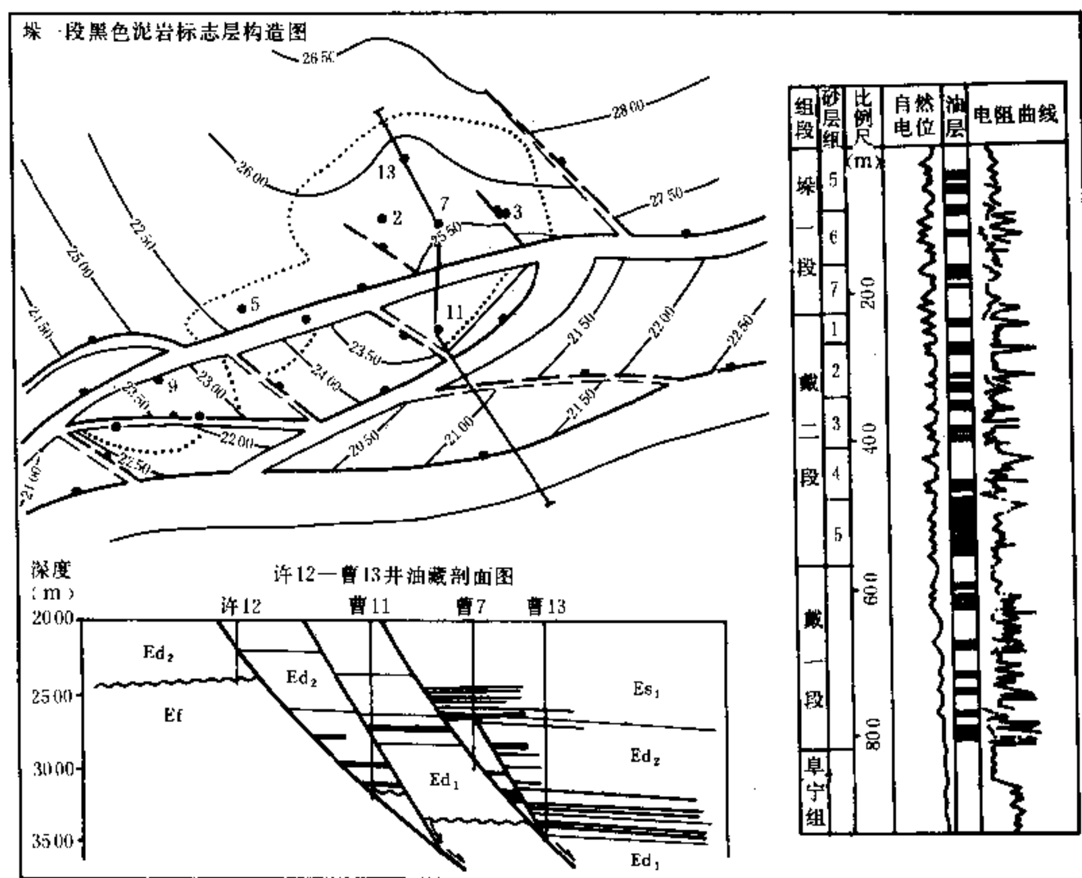



图 2-9-2 曹庄油田地质综合图

图例同图 2-9-1

此外，构造内部还有 10 条次级断层，其中较大的有 4 条（曹 2、曹 3、曹 4、曹 5 号），其余均较小，上述断层把曹庄构造分成南、北两个断块区（以曹 1 号断层为界），9 个小断块，其中 7 个断块含油。因此，曹庄油田是在断鼻构造基础上发育的小断块油田。

## 三、储集层岩性、物性特征

*1.*戴一段

沉积相主要为来自南缘的水下冲积扇，也有北部的三角洲前缘末端的沉积。砂岩不太发育。岩性为一套浅灰—深灰色泥岩夹浅灰色薄层灰质长石石英粉细砂岩。含砾砂岩与紫灰色泥岩。砂岩的单层厚度自上而下变薄，灰质含量增加。层段总厚 480～508 米，分成 3 个砂层组。

下部第 3 砂层组岩性较细，以泥质岩为主，夹中—薄层状灰质粉砂岩、粉细砂岩，底部夹浅灰色砾状砂岩，砂岩总厚一般 5～15 米，单层厚 1～2 米，砂层连通性差。

第 2 砂层组沉积时来自南缘水流发育，可延伸至曹 21 井以北地区，砂岩由南向北变薄、尖灭，砂岩总厚可达 10.8～29.6 米。

第 1 砂层组沉积时，由于湖侵形成了 5 个高电导泥岩层，为标志层。湖水进退形成砂、泥岩互层，本层组中的砂岩是本区的主要储集层之一，岩性为灰质岩屑长石石英中细砂岩。

单砂层厚度为 3～6 米，个别厚达 11.4 米。其中以第 3～4 高电导泥岩间和第 5 高电导泥岩下面的砂岩分布稳定，面积较广。

据已取得的一些岩芯分析，戴一段储集层自上而下孔隙度减小，渗透性变差（表 2–9–4）。

**表 2–9–4 曹庄油田戴一段各砂层组储集层物性表**

| 层组 | 厚度 (m) | 单砂层厚度 (m) | 有效孔隙度 (%) | 空气渗透率 ($\mu m^2$) | 物性依据 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 井号 | 井段 | 样品数 |
| $E_d^{1-2}$ | 150 | 3～6 | 14 | $49.9\times10^{-3}$ | 曹 13 | 3364.9～3366.．87 | 6 |
| $E_d^{1-2}$ | 150～200 | 2～3 | 15.3 | $12\times10^{-3}$ | 曹 5 | 2954.92～2955.55 | 2 |
| $E_d^{1-3}$ | 200～250 | 1～2 | 5.3～6.9 | $5.9\times10^{-3}$～$9.9\times10^{-3}$ | 曹 5 | 3120.09～3134.49 | 7 |

胶结物灰质含量 4～16.8%，平均 10.4%，泥质含量平均 5.4%，胶结类型为基底式、基底—孔隙式。

2.戴二段

戴二段是一套棕紫、灰黑、褐色泥岩与浅棕、浅灰色长石石英细砂岩、粉细砂岩，呈不等厚互层。为三角洲前缘和滨湖冲积扇相沉积。总厚约 550 米。自下向上砂岩增多，渗透性变好，灰质含量减少。总体呈下细上粗的反旋回，按次级旋回分为 5 个砂层组。

各含油砂层组的储集岩性、厚度、油层结构、物性见表 2–9–5。

**表 2–9–5 曹庄油田储集层基本数据表**

| 层段 | 砂层组 | 厚度 (m) | 储集层 | | | 油层结构胶结物 | | | | 胶结类型[①] | 物性 | | 储集层主要岩性 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 厚度 (m) | 占砂组厚度 (%) | 单层厚度 (m) | 平均粒度中值 (mm) | 平均分选系数 | 灰质 (%) | 泥质 (%) | | 平均孔隙度 (%) | 平均渗透率 ($\mu m^2$) | |
| $E_s^1$ | 5 | 70～90 | 13～36 | 18～40 | 3～5 | | | | | | | | 长石石英粉细砂岩 |
| | 6 | 60～93 | 37～61 | 60～70 | 7～15 | 0.267 | 1.349 | 2.0 | 1.9 | φ～x | 21.7 | $1450.5\times10^{-3}$ | 长石石英中粗砂岩夹含砾砂岩，砾岩 |
| | 7 | 65～80 | 20～40 | 30～52 | 4～14 | 0.184 | 1.256 | 3.6 | 2.2 | x–φ | 20.6 | $413.4\times10^{-3}$ | 长石石英细—中砂岩夹含砾砂岩 |
| 小计 | | | | | | 0.232 | 1.312 | 2.4 | 2.3 | | 21.2 | $1137\times10^{-3}$ | |
| $E_d^2$ | 2 | 109～124 | 25～50 | 23～40 | 3～6 | 0.097 | 1.296 | 9.3 | 4.6 | x–φ | 18.9 | $89.3\times10^{-3}$ | 长石石英粉细砂岩 |
| | 3 | 100± | 15～25 | 11～20 | 2～3 | 0.141 | 1.259 | | | φ–x | 18.2 | $89.5\times10^{-3}$ | |
| | 4 | 120～150 | 5～13 | 4～9 | 1～2 | 0.112 | 1.456 | 9.2 | 5.8 | x–φ<br>φ–Δ | 16.5 | $49.6\times10^{-3}$ | |
| | 5 | 120～150 | 28～55 | 23～40 | 3～6 | | | 5.9 | | | 13.5 | $12.5\times10^{-3}$ | |
| 小计 | | | | | | 0.128 | 1.406 | 8.8 | 5.0 | | 16.4 | $64.2\times10^{-3}$ | |
| $E_d^1$ | | 480～508 | 30～44 | 6～9 | 1～4 | 0.162 | 1.438 | 10.4 | 5.4 | Δ<br>Δ–φ | 13.6 | $10\times10^{-3}$ | 灰质粉细砂岩 |

①胶结类型符号：φ—孔隙式；x—接触式；Δ—基底式。

戴二段以第 5、2 砂层组的砂岩较发育，第 5 砂层组砂岩在北断块区分布较稳定，连通性好；在南断块区大多断缺。第 2 砂层组砂岩多呈条带状分布，延伸较广，连通性好。第 3、4 砂层组砂岩多呈透镜体。第 1 砂层组厚度 50～70 米，砂岩不大发育，储集层孔隙度平均 16.2%，渗透率平均 $107.6\times10^{-3}$ 二次方微米，含油性差。

*3.垛一段*

垛一段在曹庄地区也是河流—三角洲相沉积。中上部以棕红、棕色泥岩为主夹浅棕、浅灰色含泥质岩屑长石石英粉细砂岩；下部主要为浅棕色长石岩屑石英中—粗砂岩、含砾砂岩、细砾岩，间夹暗棕色泥岩。呈下粗上细的正旋回。总厚约 500 米。分 7 个砂层组，下部的第 5、6、7 砂层组含油。

下部储集层的单砂层厚度较大，一般 3～10 米，最厚 27.6 米。延伸分布较广，连通性好，砂层连通百分比一般 70～100%，泥岩隔层一般厚 4～7 米，分布也较稳定。储集层物性好，孔隙度 16.5～25.2%，平均 21.2%，渗透率 $92.8\times10^{-3}$～$2990.6\times10^{-3}$ 二次方微米，平均 $1137\times10^{-3}$ 二次方微米。胶结物含量少，平均含灰质 2.4%，泥质 2.3%；胶结类型为孔隙—接触式与接触—孔隙式。详见表 2–9–5。

**四、油层分布与油藏类型**

油层在纵向上分布很广，三套含油层系中除垛一段上部 1～4 砂层组未发现油层外，其余的砂层组都有油层分布。

垛一段的油层只分布于曹 1 断层的下降盘，即北断块区。紧贴断层有一个圈闭幅度仅 20 米的鼻状构造，油藏就在此断鼻构造高点部位的曹 7 断块中。第 5～7 砂层组叠合含油面积很小，只 0.57 平方公里。油气为构造与断层圈闭，属构造油气藏类型。3 个砂层组都有各自独立的油水系统。位于含油区中央部位的曹 7 井，油层集中分布在 177.2 米的井段内，纵向上可划分出 7 个油水系统，每套油水系统的油柱高度都不大；例如第 6 砂层组有二套油水系统，油柱高度分别为 14、4.8 米；第 7 砂层组的 1 号油砂体，砂岩发育，是各油砂体中储量最多、面积最大的油砂体，其油柱高度也仅 17.2 米。油柱高度均小于构造圈闭的幅度，这进一步说明了垛一段各油藏严格受构造控制。

戴二段油层，在纵向上 5 个砂层组内，在平面上南北两断块区均有分布。第 3～5 砂层组的储量占戴二段储量的 81%左右。两个断块区的油层分布具有不同的特点。南断块区被断层交叉切割，以断层为周界，形成一些封闭的小断块，油层紧贴断层分布在各断块的高部位。油层薄，单层厚一般 1～3 米，含油井段长，油层分散，含油面积小（最大的曹 11 断块 0.32 平方公里，最小的曹 10 断块 0.11 平方公里），含油带窄，一般 200～400 米。油气受断层控制，为不同走向断层相交成断块封闭的油气藏。此外，还有受断层与岩性双重因素控制的油藏，即除了断层遮挡外，在某一方向还受砂体尖灭圈闭，为断层—岩性复合油气藏。北断块区油层主要在第 5 砂层组内连片分布，其次为第 4 及第 2、1 砂层组，多为透镜体。戴二段构造没有明显的圈闭，然而戴二段砂岩在区域上的变化显示出在曹庄一带有利于形成岩性圈闭。例如由东北的永安、富民向真武、曹庄地区砂岩比变低，由 40～54%降为 20%，砂岩厚度变薄，层次减少，往往形成砂岩尖灭。因此，在曹 1 号断层下降盘（北断块区）自东向西形成各种砂岩尖灭和透镜体的岩性油藏和断层—岩性油藏。

戴一段的情况与戴二段类似。南断块区油层分布在一些封闭的小断块内，含油面积小，一般只有 0.15 平方公里，油层薄而分散，单层厚度 1～2 米，某一方向砂体尖灭，为断层—岩性油藏。北断块区也是受砂体上倾尖灭和断层所圈闭的断层—岩性油藏。所不同的是油层

分布较广，控制含油面积1.29平方公里。油层主要集中在戴一段上部，单层厚度2～8米。

## 五、驱动类型及流体性质

北断块区的垛一段构造油藏，在其低部位有广阔的水域，边水活跃，属弹性水压驱动。每采1%地质储量的原油，地层压力下降约0.25兆帕左右。

戴二段和戴一段的油藏，由于岩性变化大，砂层连通较差并受断块封闭等原因，普遍缺乏边水或边水能量不足。弹性产率很低，一般只有102～510吨／兆帕。特别是南断块区，基本都是弹性驱动的单井油藏。北断块区的戴二段第5砂层组油藏分布面积较大，从试采动态资料来看有微弱的边水作用，但仍以弹性驱动为主。

曹庄油田的原油性质较好，油质轻，含硫低。流体性质基本数据见表2–9–6。

表2–9–6　曹庄油田流体性质表

| 项目 \ 含油层系 | | 垛一段 | 戴二段 | 戴一段 |
|---|---|---|---|---|
| 原油性质 | 相对密度 | 0.82～0.83 | 0.82～0.87 | 0.83～0.86 |
| | 地面粘度（mPa·s） | 7.25～9.38 | 5.9～36.38 | 7.7～15.86 |
| | 地下粘度（mPa·s） | 1.83～3.12 | 1.23～2.62 | 0.74～1.14 |
| | 含硫（%） | 0.72 | 0.72～0.90 | 0.62～0.88 |
| | 含蜡（%） | 27.54～29.98 | 32.21～42.06 | 32.91～56.35 |
| | 凝固点（℃） | 33～37 | 35～41 | 34～43 |
| | 饱和压力（MPa） | 2.42～4.49 | 3.24～7.35 | 9.26 |
| | 地饱压差（MPa） | 21.26 | 21.96～21.57 | 27.16 |
| | 原始油气比（$m^3$／t） | 19.5～40.4 | 24.5～58.7 | 57.8 |
| 油田水性 | 总矿化度（mg／l） | 28800～30500 | 16500～28900 | 12100～25000 |
| | 氯离子（mg／l） | 15800～16800 | 8700～15400 | 10500～14300 |
| | 水型 | $Na_2SO_4$为主 | $Na_2SO_4$为主 | $Na_2SO_4$为主 |
| 天然气 | 相对密度 | 0.909～0.914 | 0.738～1.006 | 0.764 |
| | 甲烷含量（%） | 55.85～57.08 | 69.24 | 74.32 |

## 六、油气层压力和温度

垛一段油层埋藏深度2440～2630米，平均2535米，油层原始压力一般在25.0兆帕左右，部分井实测压力系数0.1（兆帕／10米）。戴二段油层埋藏深度2400～3300米，油层原始压力27.9兆帕，部分井实测压力系数0.085～0.094（兆帕／10米）。戴一段油层在南断块区埋藏深度2638～3148米，压力系数为0.07～0.083，油层压力低也反映了岩性小断块油藏的特点；在北断块区油层埋藏深度3350～3450米，据曹13井实测原始压力32.83兆帕（油层中部深度3393.3米），压力系数为0.0967。南、北断块有差别。戴二段与戴一段一些低的实测压力还与油层的物性差及弹性产率低有关。

曹庄地区的地温梯度为2.5℃／100米，油层温度一般在65～85℃间。

## 第三节　黄 珏 油 田

位于邗江县黄珏东方巷乡。处在邵伯湖以南滨湖地区。区域构造处于高邮凹陷西南，江都—吴堡—博镇断裂带西端。是1978年"六物"经地震勘探发现的构造。1979年江苏石油勘探开发会战指挥部在黄1井戴二段试获工业油流。截至1988年底，共完钻井49口，其中获工业油流井36口。至该年底，油田共有采油井36口，日产水平96.9吨，累积采油23.51万吨（表2-9-1）。

### 一、构造特点

黄珏构造是黄2号断层（真2号断层延伸至本区段称黄2号断层）下降盘的逆牵引短轴背斜（图2-9-3）。

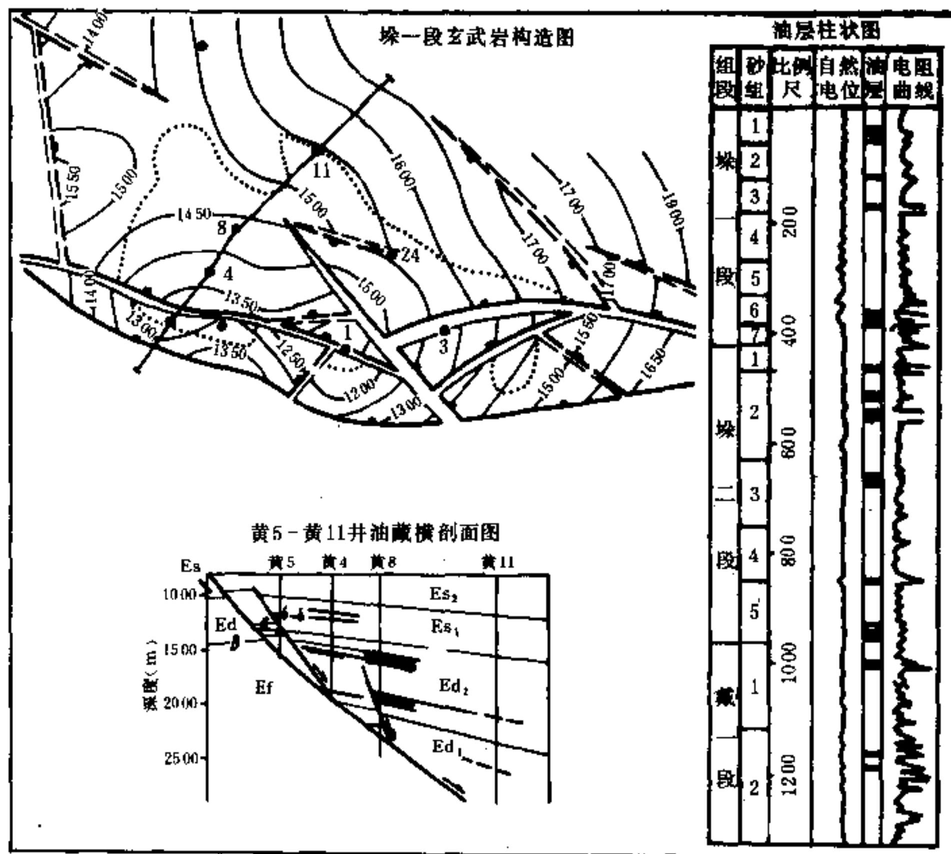



图2-9-3　黄珏油田地质综合图

图例同图2-9-1

以垛一段下部玄武岩标准层底计算，构造圈闭面积约7平方公里，闭合高度200米。构造南陡北缓，地层倾角8°～14°，轴向大致东西向。构造下陡上缓，深层构造高点沿黄2号断层倾向向北偏移。

吴堡运动及其以后长期活动的黄2号断层控制着构造的发育和油气的运移、聚集。该同生大断层的断距在黄珏地区约700～1300米，断面北倾，倾角35°～45°，断层上升盘阜四—阜二段的泥质岩对戴南组、三垛组的油气聚集起到良好的遮挡作用。由于断层面较缓，

油气紧贴断层分布，致使含油层位越老之油藏位置越接近深凹。从邵伯次凹生成的油气沿同生正断层运移、聚集。走向与其平行而深部与其相交的黄 3 号断层，对油气的运移、重新分配和聚集也起着重要作用。其断距为 50～220 米，形成于垛二段末期的三垛运动，油气沿大断层运移上来后又沿黄 3 号断层运移、聚集，形成垛一段次生油气藏（见图 2–9–3）。

随着同生大断层的活动与构造的隆起，在拉张应力作用下，在大断层下降盘和构造顶部派生出多条北西、北东向的次一级正断层，把构造切割成 8 个大小不等的断块，其中 7 个断块含油。断块面积 0.31～1.71 平方公里，多数小于 1 平方公里。以黄 4 号断层为界将构造大致分为东、西两个断块区，西区的黄 8 断块是目前已探明的最大的主力含油断块。

## 二、地层与砂层组简述

本区第三系发育齐全，生油层系主要是阜二段、阜四段，含油层系目前发现的有戴一段、戴二段、垛一段三套。和真武、曹庄同样共划分为 15 个砂层组（表 2–9–7 及图 2–9–3）。

**表 2–9–7　各砂层组储集层发育情况与物性汇总表**

| 层段 | 砂层组 | 厚度 (m) | 储集层 | | 单砂层厚度 | | 小层连通比 (%) | 平均孔隙度 (%) | 平均渗透率 ($\mu m^2$) | 平均粒度中值 (mm) | 平均分选系数 | 胶结物含量 (%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 厚度 (m) | 占砂层组厚 (%) | (m) | 平均 (m) | | | | | | 碳酸盐 | 泥质 |
| 垛一段 | 1 | 40～60 | 1～19.3 | 10.5 | 1～6 | 2.2 | 65.9 | | | | | | |
| | 2 | 50～70 | 1.4～13.2 | 8.9 | 1～6.8 | 1.9 | 59.5 | | | | | | |
| | 3 | 50～60 | 1.4～16.4 | 12.0 | 1～6.4 | 3.1 | 71 | 18.9 | $87.9 \times 10^{-3}$ | 0.178 | 2.090 | 11.1 | 9.3 |
| | 4 | 90～105 | 1.8～28.8 | 18.9 | 1.2～9.4 | 3.3 | | 18.4 | $127.3 \times 10^{-3}$ | 0.152 | 1.612 | 10.9 | 6.1 |
| | 5 | 50～70 | 3.4～11.6 | 10.2 | 1～9.2 | 3.1 | | 18.1 | $57.8 \times 10^{-3}$ | 0.063 | 1.765 | | 15.5 |
| | 6 | 50～80 | 14.4～53.8 | 59.6 | 1～25 | 6.7 | 94.4 | 20.1 | $367.3 \times 10^{-3}$ | 0.192 | 1.929 | | 8.4 |
| | 7 | 30～50 | 0.8～20.2 | 20.1 | 0.8～12.6 | 2.5 | 93.1 | | | | | | |
| | 平均 | 360～480 | 41.6～133.4 | 18.6 | 0.8～25 | 3.3 | 75.4 | 18.9 | $46.8 \times 10^{-3}$ | 0.164 | 1.930 | 11.0 | 9.1 |
| 戴二段 | 1 | 44～80 | 1～20.2 | 10.8 | 1～8.2 | 2.9 | 71.4 | 22.3 | $453.5 \times 10^{-3}$ | 0.126 | 1.677 | 5.9 | 7.8 |
| | 2 | 115～205 | 8.4～37.2 | 11.5 | 0.8～6.3 | 2.1 | 57 | | | | | | |
| | 3 | 90～170 | 4～21 | 10.8 | 1～5.4 | 2.1 | 56 | | | | | | |
| | 4 | 100～180 | 4～13.3 | 6.4 | 1～7 | 2.2 | 40 | 21.8 | $341 \times 10^{-3}$ | 0.160 | 1.420 | 10.7 | 3.7 |
| | 5 | 118～180 | 1.6～9.2 | 5.2 | 1.2～3.8 | 2.1 | 15.8 | | | | | | |
| | 平均 | 565～810 | 25.7～71.9 | 9.6 | 0.8～8.2 | 2.2 | 53 | 22.1 | $356.8 \times 10^{-3}$ | 0.137 | 1.591 | 7.5 | 6.4 |

续表

| 层段 | 砂层组 | 厚度 | 储集层 | | 单砂层厚度 | | 小层连通比(%) | 平均孔隙度(%) | 平均渗透率($\mu m^2$) | 平均粒度中值(mm) | 平均分选系数 | 胶结物含量(%) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (m) | 厚度(m) | 占砂层组厚(%) | (m) | 平均(m) | | | | | | 碳酸盐 | 泥质 |
| 戴一段 | 1 | 140～180 | 6.4～9.4 | 4.9 | | | | | | | | | |
| | 2 | 208～215 | 22.6～33.6 | 13.0 | | | | | | | | | |
| | 3 | 190～290 | 2～4.4 | 0.8 | | | | | | | | | |
| | 平均 | 616～679 | 30.2～48 | 6.8 | | | | | | | | | |

戴一段为湖相近岸水下扇沉积，岩性为暗棕、深灰色泥岩与浅灰色粉砂岩、灰色粉细砂岩、灰质白云岩不等厚互层。渗透层较少，仅占地层厚度6.8%（平均值）。砂层较薄，单层厚一般1～3米，最厚8米。分3个砂层组，以中部的第2砂层组砂岩最多，砂岩厚度占地层厚度的10.7～17.3%，平均13%。

戴二段岩性为紫红、灰紫、灰色泥岩与灰色、浅棕、浅褐色粉细砂岩，灰质粉细砂岩，含砾砂岩呈不等厚互层。属滨湖冲积扇沉积。自下而上呈由细到粗的反旋回，反映了湖退的特点。从下向上泥岩颜色变浅，砂岩增多，灰质含量下降，砂岩渗透性变好。砂岩单层厚度一般1～4米，最厚8.2米。据砂、泥岩的次级旋回分成5个砂层组，各砂层组的渗透层占地层厚度由5.2～11.5%，以上部的第1、2砂层组砂地比较高。小层较多，也是主力油层。

垛一段为棕色泥岩和浅棕、浅灰色粉细砂岩、含砾砂岩、砾状砂岩、砾岩的不等厚互层。为滨湖冲积扇—河流相沉积。下部以厚层块状细砂岩、砂砾岩为主，中部为泥岩夹粉细砂岩，上部为泥岩夹砂砾岩，自下而上呈粗—细—粗的复合旋回特点。据次一级旋回分7个砂层组。下部第6、7砂层组砂岩较发育，砂岩厚度占地层厚度分别为60%、20%，第6砂层组砂岩单层厚度一般2～12米，最厚25米，砂岩分布较稳定，连通性好。为垛一段的主要油层。中部第3～5砂层组砂岩占10.2～18.9%，单砂层厚一般1～6米。上部1～2砂层组砂岩占地层厚的8.9～10.5%，单砂层厚1～3米，连通性变差，砂岩分布不稳定。

**三、油气层特征**

三套含油层系15个砂层组中有12个砂层组含油。戴一段油层在第1、2砂层组，储集层岩性为粉砂岩、灰质粉砂岩，胶结物以灰质为主，胶结致密，物性较差，据一层四个样品分析，有效孔隙度8.2～15.8%，渗透率$1.1\times10^{-3}$～$39.7\times10^{-3}$二次方微米，从测井资料看，声波时差一般低于260微秒／米，解释孔隙度低于16%，个别最高达22%。戴二段的5个砂层组均有油层，是当前主要含油层系。但除第1砂层组外，一般砂体的连通性较差，大部分呈透镜体。油层物性以第1砂层组较好，据黄4井、黄16井岩芯分析，孔隙度17.5～28.4%，平均22.3%，空气渗透率$33.4\times10^{-3}$～$1462.1\times10^{-3}$二次方微米，平均$453.5\times10^{-3}$二次方微米。下部的砂层组物性稍差，例如第4砂层组，据黄4井岩芯分析，孔隙度19.6～

23%，平均 21.8%，渗透率 $152\times10^{-3}\sim500.4\times10^{-3}$ 二次方微米，平均 $341\times10^{-3}$ 二次方微米。垛一段油层分布在第 1、2、3、6、7 五个砂层组中，目前试油结果，出油层不多，是储量最少的含油层系。油层物性以第 6 砂层组居首，孔隙度 15.4～24.8%，平均 20.1%，渗透率 $43.6\times10^{-3}\sim690.9\times10^{-3}$ 二次方微米，平均 $367.3\times10^{-3}$ 二次方微米，其次是第 3 砂层组，孔隙度 16.9～22.1%，平均 18.9%，渗透率 $11.9\times10^{-3}\sim158.2\times10^{-3}$ 二次方微米，平均 $87.9\times10^{-3}$ 二次方微米（详见表 2-9-7）。

黄珏地区储集层的发育特点，归纳为"一薄一多二低"。一薄：单砂层厚度较薄，一般 1～3 米；一多：小透镜体多，统计一口井一个透镜体砂层占小层总数，垛一段为 24.6%，戴二段 47%，戴一段更多；二低：小层钻遇率低（一般 25～45%，最高者垛一段第 6 砂层组 69%），小层连通比低（一般 40～70%，最高 94%）。总而言之，砂层纵、横向变化大，砂层连通性较差。这是由于近岸水下扇和滨湖冲积扇的沉积相特点所决定的。平面上自南向北由扇根—扇中—扇端变化较快，相带较窄。钻井在扇体的不同部位，砂层发育状况差异很大，即使都处在扇中，钻在扇中水道或水道间的漫流沉积的井，其砂体发育状况也各不一。

含油井段长，油水系统多，是黄珏小断块油田的又一特点。由于断层的分割，各断块具有不同的油水系统。同一断块内，油水层交替，有多个油水系统。例如黄 8 井钻遇 12 个油层及油水同层，分为 5 个油水系统，分布在 5 个砂层组中，含油井段长达 677.4 米。黄 4 井 6 个油层厚 25.4 米，分散在 5 个油水系统中，含油井段长达 721 米。

在构造顶部垛一段第 3 砂层组内，发现了一个小透镜体气层，与周围油层均不连通。根据黄 5 井试气结果，8 毫米油嘴日产气 6.5 万立方米，油 0.4 立方米。

**四、油藏类型及流体性质**

油气受构造、断层、岩性多种因素控制，以构造因素为主。逆牵引背斜构造为油气聚集提供了重要的圈闭背景。垛一段及戴二段第 1、2 砂层组的油藏多数受构造、断层控制，多在某一方向有油水边界，某一至三个方向为断层遮挡，油气分布在构造断块的高部位，油柱高度均小于构造圈闭幅度，为构造、断层控制的油藏，属构造类型。有些在构造上倾方向尖灭，下倾方向是水，为构造—岩性复合圈闭类型。戴二段第 3～5 砂层组及戴一段的油藏，由于砂体岩性变化大，油层往往呈透镜体或上倾尖灭，为岩性油藏类型。有的是岩性和断层控制，有的是岩性和构造控制，均属构造—岩性油藏。

原油性质纵向变化特点下稀上稠，平面上北稀南稠，断层附近油稠。戴南组原油地面相对密度在 0.86～0.84，差异较小，而垛一段原油相对密度多大于 0.9，属重质油，尤其是靠近断层附近的井段油质更稠，断层对油气起了通道、氧化作用所致。例如黄 5 井垛一段第 6 砂层组，油层井段为 1291.2～1300.4 米，而在 1279 米井深通过黄 3 号断层，地面原油相对密度 0.9471，粘度高达 449 毫帕秒（50℃时），类似的例子不少。各层系的油、气、水性质见表 2-9-8。

**五、油气层压力和温度**

油层的天然驱动能量较差，边水作用不甚明显，原始油层压力一般接近静水柱压力，压力系数垛一段为 0.096～0.0996（兆帕／10 米），戴二段为 0.077～0.0995，戴一段为 0.096～0.0985。

油层埋藏深度与邻近油田相比是较浅的，一般埋深垛一段 1100～1500 米，戴二段 1300～2100 米，戴一段 1900～2500 米，其深度随所处构造部位而变化。

地温梯度与真武、曹庄一样，均为 2.5℃／100 米。

表 2-9-8 黄珏油田流体性质表

| 项目 \ 含油层系 | | 垛一段 | 戴二段 | 戴一段 |
|---|---|---|---|---|
| 原油性质 | 相对密度 | 0.8853～0.9471 | 0.8445～0.9194 | 0.8346～0.8954 |
| | 地面粘度 (mPa·s) | 26.86～449.04 | 13.26～85.33 | 5.11～17.47 |
| | 地下粘度 (mPa·s) | 1.3～7.4 | 11.5 | 1.16～2.79 |
| | 含硫 (%) | 0.78 | 0.89～0.94 | |
| | 含蜡 (%) | 15.7 | 28.66～30.76 | |
| | 凝固点 (℃) | 16～39 | 34～38 | 30～44 |
| | 饱和压力 (MPa) | 8.07～8.17 | 20.10 | 8.38～17.14 |
| | 地饱压差 (MPa) | 3.65～3.55 | 11.83 | 5.72～15.61 |
| | 原始油气比 ($m^3$/t) | 25.5 | 13.8 | 60.2～165.6 |
| 天然气 | 相对密度 | 0.5914 | 0.8159 | 0.7228 |
| | 甲烷含量 (%) | 94.25 | 67.27 | 86.22 |
| 油田水 | 总矿化度 (mg/l) | 4200～9800 | 10000～11500 | 9500～11000 |
| | 氯离子 (mg/l) | 1600～4500 | 4800～6800 | 4000～5000 |
| | 水型 | $NaHCO_3$ | $NaHCO_3$ | $NaHCO_3$ |

## 第四节 富民油田

富民油田在江都县富民乡境内，位于高邮凹陷中部，西接樊川次凹，东与刘五舍次凹相邻，北以联盟庄—永安断层为界，南与徐家庄构造相邻，为鼻状隆起上的断块油田。1974年江苏省勘探指挥部“六物”由地震勘探发现了该构造，1975年“六普”钻苏63井在垛一段获工业油流，1976年我指挥部开始在本区勘探。截至1988年底，共完钻井67口，其中获工业油流井35口，至该年底，油田共有采油井31口，日产水平416.7吨，累积采油53.51万吨（表2-9-1）。

### 一、构造特征

富民油田是被断层复杂化的南倾鼻状构造，走向南北，两翼不对称，西陡东缓，地层倾角5°～10°，构造圈闭面积20.6平方公里，闭合幅度200米（图2-9-4）。

构造轴部被北东及近东西向的两组断层切割成逐级北掉的大小不等的断块。以富4号断层为界，将构造分割为两大断块区，其北至富5号断层为谢家河断块区，其南至东32井为富民断块区。据 $T_2^5$ 反射层构造图，两个断块区面积分别为8.6及12平方公里。两大断块区内部均被断层切割形成若干小断块。

富民构造形成早，发育时间长，有利于油气聚集。从戴一段顶面古构造图分析，戴二段沉积末期，戴一段顶面显示一短轴背斜，小高点在苏63井附近，垛一段沉积末期，小高点移至苏63—东32井间，垛二段沉积末期，变为向北翘起的轴向南北的鼻状隆起，向南倾没于苏63—东32井一线。根据钻井资料并结合地震资料推测，富民古构造在阜宁组沉积末的

吴堡运动初具雏形，定型于三垛运动。以后盐一段至盐二段至现今，富民鼻状隆起逐渐向南发展。

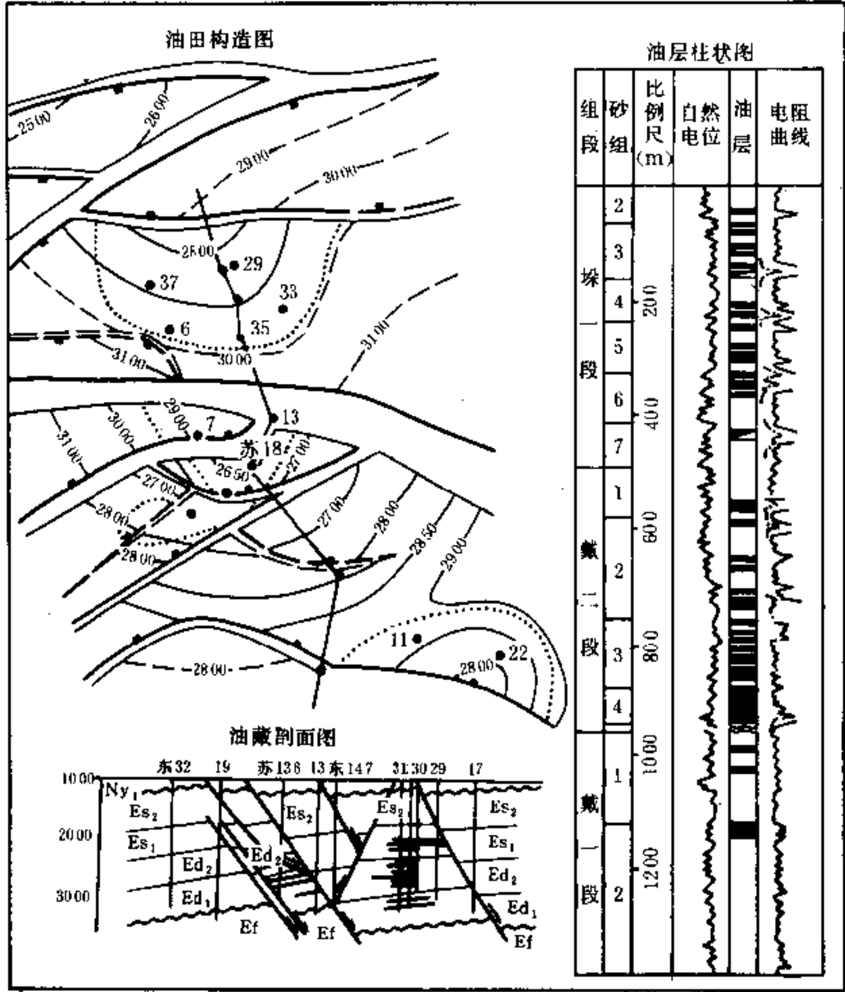



图 2-9-4　富民地区地质综合图

富民地区包括北部的富民构造（油田）和徐庄构造

（图例同图 2-9-1）

本区断层多，活动持续时间长，除南、北边界的区域性同生大断层对构造的形成起了重要作用外，在油田范围内，目前资料较落实的断层有 5 条（均有 4～8 口井钻遇），由南向北编号为富 1、富 2、富 3、富 4、富 5，后 4 条为同生断层，其断距 50～500 米，生长指数 1.06～1.2，分别对戴一段—盐一段各组段的沉积起了一定的控制作用。还有几条次生断层，这些断层均在油气大规模运移以前形成，为油气运移提供了良好的通道。还常由于断层两侧“砂岩不见面”，造成良好的遮挡。

富民构造各断块的含油层位、油气富集程度有明显差异，各断块有各自独立的油水系统。含油井段长，油水层间互分布，无统一油水界面。

**二、油层特征**

目前探明的含油层系有戴一段、戴二段、垛一段三套，共划分 15 个砂层组，与真武、

曹庄油田的油层均可对比，只是岩性普遍较粗些。含油的有12个砂层组，即垛一段3～7、戴二段1～4、戴一段1～3砂层组。储油层岩性和物性见表2–9–9。

**表2–9–9 富民地区储集层物性表**

| 层段 | 砂层组 | 孔隙度(%) |  | 渗透率(μm²) |  | 胶结物含量(%) |  | 主要岩性 | 依据 |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  |  | 一般变化 | 平均 | 一般变化 | 平均 | 泥质 | 碳酸盐 |  | 井数 | 样品数 |
| 垛一段 | 3 |  |  |  |  |  |  | 粉细砂岩 |  |  |
|  | 4 | 14.4～16.1 | 14.2 | $10.1\times10^{-3}$～$145.1\times10^{-3}$ | $41.5\times10^{-3}$ | 4.6 | 17.3 | 粉砂岩 | 1 | 4 |
|  | 5 | 13.5～27.1 | 21.1 | $18.3\times10^{-3}$～$1940.4\times10^{-3}$ | $350.3\times10^{-3}$ | 6.0 | 9.9 | 粉细砂岩、细砂岩 | 3 | 79 |
|  | 6 | 17.5～26.7 | 21.5 | $123.4\times10^{-3}$～$3624.3\times10^{-3}$ | $1414.4\times10^{-3}$ | 3.6 | 6.9 | 细中砂岩、砾状砂岩 | 3 | 18 |
|  | 7 | 16～18.3 | 17.2 | $3.6\times10^{-3}$～$6.3\times10^{-3}$ | $4.9\times10^{-3}$ |  | 7.4 | 细中砂岩、砾状砂岩 | 1 | 5 |
|  | 小计 | 14～27 | 20.4 | $3.9\times10^{-3}$～$3624.3\times10^{-3}$ | $597.1\times10^{-3}$ | 5.2 | 9.3 |  | 8 | 106 |
| 戴二段 | 1 | 16～27.2 | 22.5 | $11.5\times10^{-3}$～$3905.6\times10^{-3}$ | $1855.6\times10^{-3}$ | 1.9 | 5.7 | 含砾中细砂岩 | 1 | 39 |
|  | 2 | 14.9～22.3 | 19.1 | $5.5\times10^{-3}$～$440.2\times10^{-3}$ | $252.7\times10^{-3}$ | 4.3 | 4.0 | 中细砂岩 | 1 | 18 |
|  | 3 | 12.6～16.3 | 14.5 | $10.4\times10^{-3}$～$50.6\times10^{-3}$ | $30.6\times10^{-3}$ |  | 9.5 | 粉细砂岩 | 1 | 9 |
|  | 4 | 9.4～20.5 | 15.3 | $2.6\times10^{-3}$～$211.2\times10^{-3}$ | $125.3\times10^{-3}$ | 1.3 | 7.1 | 粉细砂岩、细砂岩 | 2 | 44 |
|  | 小计 | 12～25 | 17.3 | $4.9\times10^{-3}$～$1308.7\times10^{-3}$ | $281.2\times10^{-3}$ | 2.8 | 7.0 |  | 5 | 110 |
| 戴一段 | 1 | 12.3～16.6 | 15 | $6.9\times10^{-3}$～$131.3\times10^{-3}$ | $60.2\times10^{-3}$ | 5.2 | 9.2 | 粉细砂岩 | 2 | 50 |
|  | 2 | 10.6～16.3 | 12.7 | $3.8\times10^{-3}$～$138.8\times10^{-3}$ | $23.7\times10^{-3}$ | 9.1 | 7.2 | 中一细砂岩、粉砂岩 | 7 | 161 |
|  | 3 | 10.6～11 | 10.8 | $3.3\times10^{-3}$～$7.1\times10^{-3}$ | $4.9\times10^{-3}$ | 4.3 | 11.2 | 细一粉砂岩、灰质粉砂岩 | 2 | 11 |
|  | 小计 | 11～16 | 13 | $3\times10^{-3}$～$80\times10^{-3}$ | $29.6\times10^{-3}$ | 8.0 | 8.6 |  | 11 | 222 |

垛一段为河流—三角洲相沉积，总厚480～600米，自下而上呈粗—细—粗的复合旋回。分7个砂层组，目前发现的油层在3～7砂层组，以5砂层组含油范围最大，其次为6砂层组。第3～5砂层组砂岩厚度占地层厚度24～30%左右。第3砂层组单井油层厚度16.2～19.8米，无岩芯分析资料。第4砂层组油层分布在谢家河断块区及富民断块区，油层厚度变化大，单层厚度在1.2～10.2米间，油层物性属中等孔、渗级别。第5砂层组钻遇油层井数最多，形成连片含油面积，为谢家河断块区主力油层之一。此外，富民断块区的苏63

井也有油层。砂层单层厚度较大，横向连通好，物性好。下部6、7砂层组储集层岩性主要是块状灰白色细、中砂岩及砾状砂岩，砂岩占地层厚度67.2%，砂岩单层厚度大，一般5米以上，最厚26.6米，横向连通性好。6砂层组油层有3口井钻遇，仅分布在谢家河断块区的富18断块和富民断块区的苏63断块，在断块的高部位，含油范围较小；物性好，属高孔隙、高渗透储集层。7砂层组仅富18井钻遇油层，含油宽度不到100米；样品较少，代表性较差。详见表2-9-9。

戴二段是一套砂、泥岩互层，自下而上呈由细变粗的复合反旋回。总厚达480～660米。本区处在南、北沉积物源的滨湖冲积扇、三角洲相带，砂体十分发育，全段砂岩百分比达50～70%，上部砂岩比下部更发育。据旋回特点分5个砂层组，目前发现1～4砂层组含油。油层主要分布在谢家河断块区，其次富民断块区的富7、苏136井也有油层和油水同层。上部1、2砂层组是以块状砂砾岩层为主，砂岩百分比一般65～72%，砂层横向连通性好，储集层物性好，胶结疏松，胶结类型为孔隙—接触式。第1砂层组油层分布在富18块的高部位，含油带窄，仅300米左右。油层岩性为岩屑长石石英含砾中细砂岩，石英含量一般在60%左右，长石含量20%以上，少量中酸性火山岩块，颗粒次圆—次棱状，分选中等。第2砂层组油层物性在戴二段中仅次于第1砂层组。下部第3～5砂层组砂岩厚度占地层厚度一般50%左右，最高达65%。储集层物性比上部变差。第3砂层组为戴二段主力油层，单井油层厚度大，集中分布在富18断块内。第4砂层组油层也都在富18块内。大多数砂层横向连通好，物性见表2-9-9。由于1～2砂层组是一套块状砂砾岩层，含砂比高，泥岩隔层薄，盖层条件不及3～4砂层组，第3～4砂层组含砂比46～52%，再加谢家河断块区的一些断层断距较小（40～100米），能够形成侧向封堵，这可能就是目前油层主要分布在3～4砂层组内且主要集中在谢家河断块区的原因。

戴一段厚600米左右，处在北、南物源的三角洲前缘和水下扇沉积相带。自北部谢家河断块区向南到徐家庄断鼻，砂岩百分比20%～47%，在谢家河—富民断块区之间的地区，由于三角洲前缘和水下扇扇端砂体的交叉叠合，使这里砂岩百分比也达30%左右。所以，戴一段含砂比适中，储盖组合好。共分3个砂层组，各组均有油层，自北到南断断续续都有分布；层位上以第2砂层组为主力油层，平面上以谢家河断块区分布较广。戴一段岩性为灰黑、暗棕色泥岩夹浅灰、灰白色砂岩，储集层岩性为粉细砂岩、中细砂岩、灰质粉砂岩。砂岩单层厚度较薄，一般2～4米，最厚8.6米。油层物性随着埋深加大，由1～3砂层组逐步变差，平均孔隙度由15%降为10.8%，平均渗透率由$60.2\times10^{-3}$二次方微米降为$4.9\times10^{-3}$二次方微米。

**三、油藏类型及流体性质**

垛一段和戴二段的油藏主要受构造、断层控制，是由鼻状构造与断层组成的圈闭所形成的油藏，油层分布于构造轴部各断块的高部位，低部位多为水，含油带狭窄，一般100～500米，属构造油藏类型。少部分还有岩性圈闭因素，某一方向砂体尖灭，属构造—岩性油藏。

戴一段油藏也主要受构造、断层控制，但从戴一段砂岩横向变化大，砂层较薄，物性较差这些特点分析，岩性控制因素不容忽视，主要为构造—岩性油藏类型。

本区原油性质较好，谢家河断块区油质自下而上稍变好，和真武、曹庄、黄珏油田纵向变化特点相反，说明层析作用起主导作用，油气从下部向上运移过程中未受到氧化破坏。天然气相对密度自下而上加大，甲烷含量减少，也与油气的运移方向一般规律符合。油田水以

$Na_2SO_4$型为主，少数$CaCl_2$、$NaHCO_3$型。详见表2-9-10。

表2-9-10 谢家河断块区流体性质表

| 项目 \ 含油层系 | | 垛一段 | 戴二段 | 戴一段 |
|---|---|---|---|---|
| 原油性质 | 相对密度 | 0.8190 | 0.8244 | 0.8328 |
| | 地面粘度(mPa·s) | 6.38 | 8.90 | 14.64 |
| | 地下粘度(mPa·s) | 2.24～3.84 | 2.10 | |
| | 含硫(%) | 0.73 | 0.76 | 0.71 |
| | 含蜡(%) | 23.66 | 37.73 | 39.71 |
| | 凝固点(℃) | 35.5 | 36.8 | 38.0 |
| | 饱和压力(MPa) | 2.7 | 3.58 | 3.19 |
| | 地饱压差(MPa) | 17.43 | 22.67 | 16.94～19.92 |
| | 原始油气比($m^3$/t) | 25.6 | 28.7 | 34.6 |
| 天然气 | 相对密度 | 0.8746～70.95 | 0.8535 | 0.6553～0.9897 |
| | 甲烷含量(%) | 52.69～70.95 | 62.13 | 56.31～79.48 |
| 油田水 | 总矿化度(mg/l) | 25000～30300 | 33525 | 24300～33000 |
| | 氯离子(mg/l) | 14000～16000 | 16467 | 15000～18000 |
| | 水型 | $Na_2SO_4$ | $Na_2SO_4$ | $Na_2SO_4$，次$CaCl_2$ |

**四、油气层压力和温度**

油层原始压力系数与静水柱压力相似，即在0.1兆帕/10米左右。根据谢家河断块区三套含油层系10口井试油的实测压力，地层压力系数为0.096，均为正常压力系统，无异常现象。

油层压力的变化范围，随油层埋藏深度不同而异。油层深度大致变化范围：垛一段1880～2250米，戴二段2350～2770米，戴一段2670～3400米。油层压力大致范围：垛一段19.61～20.89兆帕，戴二段24.52～26.28兆帕，戴一段29.42兆帕左右。

富民地区的地温梯度为2.65℃/100米。按油层埋藏的平均深度来看，三套含油层系的油层温度一般分别在55℃、66℃及80℃左右。

## 第五节 联盟庄油田

联盟庄油田位于江都县昭关乡，是高邮凹陷联盟庄—永安断层下降盘的一个鼻状构造，东邻永安构造，西邻马家咀构造，南隔邵伯次凹与真武、黄珏油田遥遥相对。该构造在

1973～1975年“六物”做地震工作时发现。1981江苏油田钻联1井在戴二段试获低产油流，1983年8月在联3井戴一段首获工业油气流。截至1988年底，共完钻井37口，其中获工业油流井23口。至该年底，油田共有采油井15口，日产水平53.8吨，累积采油10.83万(表2-9-1)。

**一、构造特征**

联盟庄鼻状构造，以$T_2^3$反射层构造图计算，构造轴向近东南，向东南倾没。地层倾角3°～8°，构造幅度200米，构造面积约16平方公里。构造上发育着一组北西西向的羽状断层，把构造切割成若干断块，大致以联10井为界可分东、西两部分（图2-9-5）。

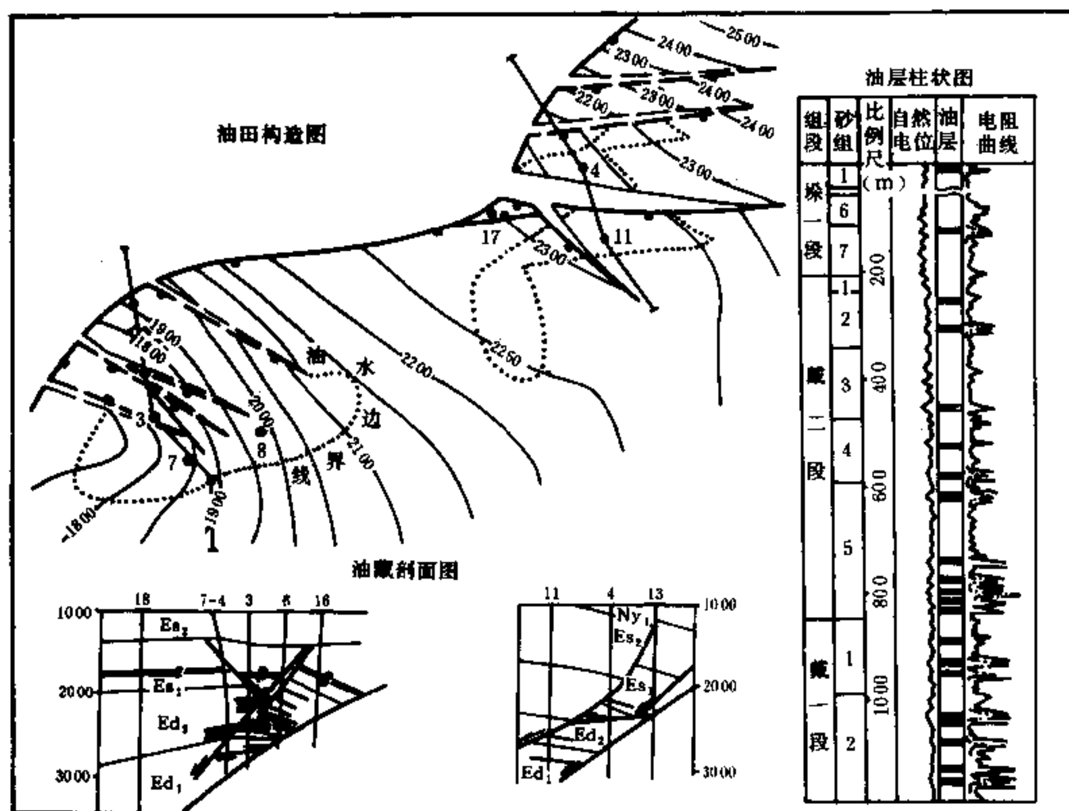



图2-9-5 联盟庄油田地质综合图

图例同图2-9-1

西部地区是鼻状构造的主体，埋藏较浅，垛一段黑色高电导泥岩标志层的埋藏深度大致在1700～2000米左右，向东、南、北倾的趋势较清楚，西面因受邵伯湖的限制倾向不大清楚。东部地区该层埋深在2100～2400米左右，由西向东地层埋深加大，东区是鼻状构造的倾没部分，只因断层作用而形成局部高点。

构造北界的联盟庄—永安断层，是由马家咀构造向东延伸至本区的，它是阜宁组末期吴堡运动及其后长期活动的区域性同生正断层，共有14口井钻遇，断层走向北东，倾向东南，断距约800米左右，倾角35°～60°，断层生长指数从戴一段到盐一段由2.97～1.14，它控制了构造及沉积的发育，油气的运移和聚集，在油藏形成过程中起着主导作用。

随着同生大断层的活动和构造的隆起，还产生了一系列派生的正断层，这些断层对油气

的重新聚集起着重要的作用。据目前的地震和钻井资料，组合了 7 条断层，走向为北西西向和近东西向，一般延伸长度 1.5～4 公里，断距 20～430 米，倾角 45°～60°。这些断层将构造切割成若干大小不等的断块。各断块的含油程度差别较大，含油井段长，油水系统多。目前探明的含油面积与储量主要在西区。

联盟庄鼻状构造，推测也是吴堡运动时伴随联盟庄—永安断层而形成的。据戴一段顶面古构造图看来，在戴二段沉积末期，已显示出一个向西北翘起向东南倾没的鼻状构造，隆起幅度约 150 米左右，以后时期，构造幅度加大并产生一些羽状断层使构造复杂化。

**二、油层特征**

已发现的含油层系有垛一段、戴二段及戴一段三套，和真武、黄珏油田均可对比，也划分 15 个砂层组。目前发现的油层在垛一段第 7、戴二段第 2～5、戴一段第 1、2 共 7 个砂层组内。其中主要在戴二段第 4、5 和戴一段第 1、2 这 4 个砂层组内。油层埋深 1750～3320 米，储集类型为孔隙性长石石英砂岩。

垛一段为河流—三角洲相沉积，砂岩发育。油层分布零散，有 3 口井钻遇油层。岩性为粉细砂岩、含砾砂岩为主。油层较薄，单井油层厚度仅 1.6～7.4 米。物性好，据联 16 井相当于含油井段的 15 个样品分析，孔隙度 14.6～30.7%平均 23.3%，空气渗透率 $62.7\times10^{-3}$～$4873.8\times10^{-3}$ 二次方微米，平均 $1748.8\times10^{-3}$ 二次方微米，胶结疏松，胶结物碳酸盐含量平均 5.25%，泥质含量 3.95%。产能较高，单井抽汲日产油 17.9～25 吨（试油产量）。

戴二段砂岩不大发育，西区砂岩厚度与地层厚度之比小于 25%，东区砂岩比西区发育。油层分布较广，目前已在 12 口井钻遇油层，在东西两区分别形成连片的含油面积。油层岩性为粉砂岩、粉细砂岩、物性自上而下逐渐变差，由 2～5 砂层组的变化是：平均孔隙度由 24.6%下降到 16.9%，平均空气渗透率由 $906.4\times10^{-3}$ 二次方微米降为 $85.5\times10^{-3}$ 二次方微米，胶结物含量升高，碳酸盐含量由 5.5%升到 11.5%，泥质含量由 5%升至 8.4%。油层具中等产能，多数井试油能自喷，4 毫米油嘴日产量为 15～45 吨。

戴一段砂岩发育更差，渗透层厚度占地层厚度平均只有 8.2%。目前在 1、2 砂层组的 11 口井中钻遇油层，分布范围较广，东、西区都有。砂层连通性较差。油层岩性为粉砂岩、粉细砂岩及细砂岩。物性较差，据 4 口井 49 块样品分析，孔隙度 3.8～23.1%，平均 13.4～14%，空气渗透率 $1.5\times10^{-3}$～$391.6\times10^{-3}$ 二次方微米，平均 $123.6\times10^{-3}$～$20.9\times10^{-3}$ 二次方微米，胶结物中碳酸盐含量 4.5～20.0%、平均 9～10.6%，泥质含量 4～7%，平均 5.1%。油层产能较低，单井试油产量多数井低于 10 吨／日。

**三、油藏类型及流体性质**

总体上看，所有的油藏基本上都受断鼻构造的控制，但各含油层系还有差异。垛一段油藏严格受构造控制，仅分布在断块高部位，为断块与鼻状构造相结合的油气藏。戴二段的油藏大部分也属这种类型，但在很大程度上也受岩性变化的影响，形成岩性尖灭与断层遮挡相结合的油气藏。戴一段的油层大部分在构造高部位，但砂体多为透镜体，往往形成岩性油藏或岩性—构造油藏。

由于断层切割，构造破碎，加上一些岩性的因素，使各油藏普遍缺少宽广的边水区，没有充沛的边水能量，因此，弹性产率很低，只有 20～224 吨／兆帕·米。主要含油层系的原始油气比高，地层原油的饱和压力高，地饱压差小，在油藏不用人工保持压力的情况下，很容易形成溶解气驱动。

原油性质较好，平面变化小，在纵向上自上而下变好。流体性质见表 2-9-11。

**表 2-9-11　联盟庄油田流体性质表**

| 项目 | | 垛一段 | 戴二段 | 戴一段 |
|---|---|---|---|---|
| 原油性质 | 相对密度 | 0.8446 | 0.8340 | 0.8223 |
| | 地面粘度(mPa·s) | 19.05 | 9.73 | 7.00 |
| | 地下粘度(mPa·s) | | 1.53~4.17 | <1~1.47 |
| | 含硫(%) | 0.68 | 0.67 | 0.75 |
| | 含蜡(%) | 19.52 | 23.72 | 26.50 |
| | 凝固点(℃) | 36.0 | 33.7 | 31.8 |
| | 饱和压力(MPa) | | 2.06~15.30 | 14.91~208.88[注] |
| | 地饱压差(MPa) | | 6.80~15.69 | 5.65~9.33 |
| | 原始油气比($m^3$/t) | | 19.2~107.3 | 122.4~171.6[注] |
| 天然气 | 相对密度 | 0.8570 | 0.8631~1.1175 | 0.7177~0.5940 |
| | 甲烷含量(%) | 51.21 | 43.27~61.78 | 76.73~93.6 |
| 油田水 | 总矿化度(mg/l) | 7846~21380 | 14050~20650 | 8762~18300 |
| | 氯离子(mg/l) | 2890~11015 | 5638~17500 | 3000~8730 |
| | 水型 | $Na_2SO_4$为主 | $Na_2SO_4$为主 | $NaHCO_3$、$CaCl_2$ |

注高压取样时样品脱气，仅供参考。

### 四、油层压力与温度

油层压力基本属正常状态。根据油井实测压力数据，压力系数一般在 0.095~0.101 之间，平均为 0.098 左右；只有个别物性较差、弹性产率极低油层，压力系数在 0.088 以下。由于油层埋深不同，油井实测原始压力差异较大，一般垛一段原始压力大致在 20.89 兆帕左右，戴二段为 21.48~23.63 兆帕，戴一段则在 29.42 兆帕左右，最高可达 33.91 兆帕。

本区的地温梯度与真武油田相同，油层温度一般在 50~75℃左右。

## 第六节　徐家庄油田

徐家庄油田位于高邮凹陷南部，紧邻刘五舍和樊川两个深洼，是江都—吴堡—博镇断裂构造带上真 2 号断层下降盘的一个微型低幅度的构造（图 2-9-6），地处江都县高徐庄乡。

70 年代，地质部第六物探大队和江苏石油勘探开发会战指挥部分别在此地区做过 1×1 公里测网的模拟地震勘探，把徐家庄解释为断层下降盘的断鼻。

1977~1978 年，江苏石油勘探开发会战指挥部在该构造钻探富 3 和富 4 井，因构造高点和断层位置确定不准，结果富 3 井打在构造低部位，全井无油气显示；富 4 井主要目的层断缺，仅在泰州组见 6 层 20 米油迹细砂岩，后因事故完井，含油井段无测井资料。1981~

1982 年，在本油田开展数字地震勘探后，于 1983 年相继钻探富 11、富 21、富 22 三口井，仍未钻遇三垛组构造高点，但富 11 和富 22 两口井分别在戴一段获得日产 14 和 6.4 吨的油流。1984 年后，本区地震测网加密至 0.5×0.5 公里，并进一步对地震资料反复处理和解释，然后，在与徐家庄构造毗邻的小纪—竹墩地区进行钻探，发现了小纪—竹墩断阶带上的阜宁和泰州组含油层系。为扩大战果，1987 年 4 月在该断阶带靠洼低台阶找阜宁和泰州组的富集块，布署了纪 4 井，钻到了主干断层下降盘三垛组和戴二段油藏，获得油层 7 层 45.6 米。接着向构造东部钻纪 5 井，才钻遇徐家庄构造的实际高点，获油层 11 层 63.4 米，并确认其三垛组构造是一滚动背斜构造。为进一步对徐家庄构造进行评价和布置开发井网，1987 年下半年在构造主体部位又补做了 5 条测线，形成 0.25×0.5 公里的测网。从而更进一步地明确了构造形态和高点位置。当年末，根据这些资料在构造上部署了评价井和开发井，其中纪 5-1 井紧贴断层钻遇了三垛组和戴南组油层 14 层 82.6 米，油水同层 4 层 22 米，油干层 8 层 18.2 米。证实了徐家庄构造是高邮凹陷南部断裂构造带上的又一油气富集区块，但面积非常狭窄。1988 年末，基本钻完主要层系的开发井网。

**一、构造特征**

徐家庄构造形成于吴堡期，深浅层形态不一，其戴一段为一由南向北倾没的断鼻构造。垛一段和戴二段则为一低幅度的滚动背斜。据垛一段第 7 砂层组构造图，构造上有东西两个高点，构造面积分别为 1 和 0.2 平方公里，隆起幅度最大达 70 米。东高点被徐 1 号断层切割成纪 7 和纪 5-1 两个断块，构造高点在纪 5 井东约 100 米处。据构造发育史研究认为，徐家庄构造于戴一段沉积前已具雏形，以后持续活动，到盐一段沉积期停止发育。根据地震和钻井资料分析，真 2 断层在该构造呈近东西向展布，断层北倾，倾角 52°～31°，断距大于 350 米。徐 1 断层走向为北东，倾向北西，形成于三垛期，断距 13～22 米。

**二、储集层特征**

徐家庄油田含油层系有垛一段、戴二段和戴一段三套，其储集层特征各具一格。

*1.垛一段*

为河流相沉积，自上而下分 7 个砂层组，仅底部的第 7 砂层组含油。该砂层组又分 6 个砂岩体，主要岩性为长石、石英细—中砂岩，中—粗砂岩，局部含砾石。单层厚度一般 5 米左右，分布稳定。据岩芯资料分析，有效孔隙度平均 20.6%，空气渗透率 $610.8\times10^{-3}$ 二次方微米。胶结物以泥质和灰质为主，其含量分别为 4.25%和 4.8%，胶结类型为孔隙—接触式。

*2.戴二段*

为河流—三角洲相沉积，钻遇视厚度约 500 米，自上而下分 5 个砂层组，除第 2 砂层组外，其余 4 个砂层组均含油。第 1 砂层组岩性为长石石英中—细砂岩、粉砂岩以及中—粗砂岩，局部含砾石，砂层组具复合正旋回特征，单砂层厚度大者可达 30 米，横向连通好，有效孔隙度 18.2%，空气渗透率 $580.5\times10^{-3}$ 二次方微米，砂岩以泥质、灰质胶结为主，其中泥质含量 3.28%，碳酸盐含量 7.2%，胶结类型为孔隙—接触式。第 3～5 砂层组也具复合正旋回特点，单砂层厚一般 3～5 米，其中第 3 砂层组最厚的亦可达 30 米，横向分布稳定，岩性从上到下由长石石英细—中砂岩过渡为粉—细砂岩，物性也逐渐变差，一般孔隙度在 12.8～17.7%，空气渗透率在 $14.6\times10^{-3}$～$291.5\times10^{-3}$ 二次方微米。

*3.戴一段*

为水下冲积扇沉积。自上而下发育 2 个砂层组。第 1 砂层组为五高导黑色泥岩夹砂岩

段，砂岩发育较差，一般单层厚2.4～3.8米；岩性横向变化大，孔隙度13.5%，空气渗透率$51.5\times10^{-3}$二次方微米。第2砂层组岩性为长石石英细砂岩和粉砂岩，局部含砾，分选较差；单层厚2.2～9.2米；分布不稳定，含油不均匀，孔隙度13.8%，空气渗透率$16.9\times10^{-3}$二次方微米，胶结物中泥质含量5.20～5.34%，灰质含量6.3～10.2%，胶结致密。整个戴一段砂岩发育于构造低部位，向高部位贴近断层一带岩性较差，直至尖灭。

**三、油层分布与油藏类型**

垛一段和戴二段油气局限于构造高部位，东西两高点的最大含油范围分别为0.44和0.13平方公里。徐7-1和纪5-1两井相距不足200米，构造高差不足30米，前者处于较低部位，全井无油，后者位置较高，油层厚度接近100米。

纵向上油水交互频繁，有多套油水系统，无统一油水界面。如纪5-1井在井深2320～2730米的410米井段内，共钻遇4套油水系统，各油水系统内连续油柱高度为32～40米。

戴一段油层发育程度受岩性控制，据现有资料，油层分布局限于北部，东西长2公里，南北宽约300米的条带内。

根据油层的分布、构造产状和开采特点分析，垛一段和戴二段属受构造和断层控制的油藏，戴一段则为岩性油藏。

**四、流体性质**

地面原油相对密度为0.8181～0.8393，地面原油粘度4.54～16.08毫帕秒，总趋势是自下而上逐渐变差。含硫0.67～0.78%，含蜡26.58～41.58%；凝固点32～39℃。据高压物性取样分析，纪4井戴二段第1砂层组地下原油密度为0.7917克／厘米$^3$，粘度为3.24毫帕秒，饱和压力0.68兆帕，体积系数1.059。徐7井垛一段第7砂层组地下原油密度0.8026克／厘米$^3$，粘度为4.4毫帕秒，饱和压力0.57兆帕，体积系数1.048。

天然气中甲烷含量低，只有27.56～51.45%，含氮量高，为0.07～42.91%。天然气比重0.9699～1.0934。

地层水矿化度高。据3口井水样分析结果，地层水矿化度为$2.51\times10^4$～$3.06\times10^4$毫克／升，$Cl^-$含量$1.3\times10^4$～$1.71\times10^4$毫克／升。水型属$Na_2SO_4$型。

**五、油层压力和地层温度**

据各含油层系所测地层原始压力计算，压力系数为0.96～0.98，地温梯度3.7℃／100米。

**六、各类油藏的生产特征**

徐家庄油田各井以砂层组为单元，分别投入试采，各砂层组间油藏类型不同，其生产特征也表现不一。

油田西高点垛一段第7砂层组和戴二段第1砂层组处于真2断层下降盘，为一块状砂岩油藏。边、底水活跃，油层物性好，单层厚度大。油藏开启程度高，压力系数0.97～0.98，油井产能高，纪4井射开戴二段第1砂层组，初期6毫米油嘴试采，日产油100.7吨，水18立方米。试采1年，日产水上升至89.3立方米，日产油量下降到16.1吨。但日产液量变化不大。后上返改采垛一段第7砂层，油层共6层20.4米。$\phi$56毫米泵，深806米，日产油80.5吨。但徐7井本组油层处于真2和徐1断层之间夹缝中，开启程度不高，能量补给稍差，压力系数0.9，射开5层21.8米，深802米。用$\phi$70毫米泵日产油92吨。戴二段第3砂层组为厚层砂岩，徐7-1A井射开3层35.6米，日产油73.3吨，产量比较稳定。戴二段第4砂层组以下各油藏，随着埋深加大，物性较差，日产20～30吨，其中戴一段正常生产

时日产油约5吨。弹性产率1080吨／兆帕。

据此，徐家庄油田垛一段第7砂层组和戴二段先利用边、底水天然能量开采，徐7井区的垛一段、戴二段和全油田的戴一段则采取早期注水开发。整个开发过程立足于抽油开采，用层间接替的方式，争取较长时间的稳产期。

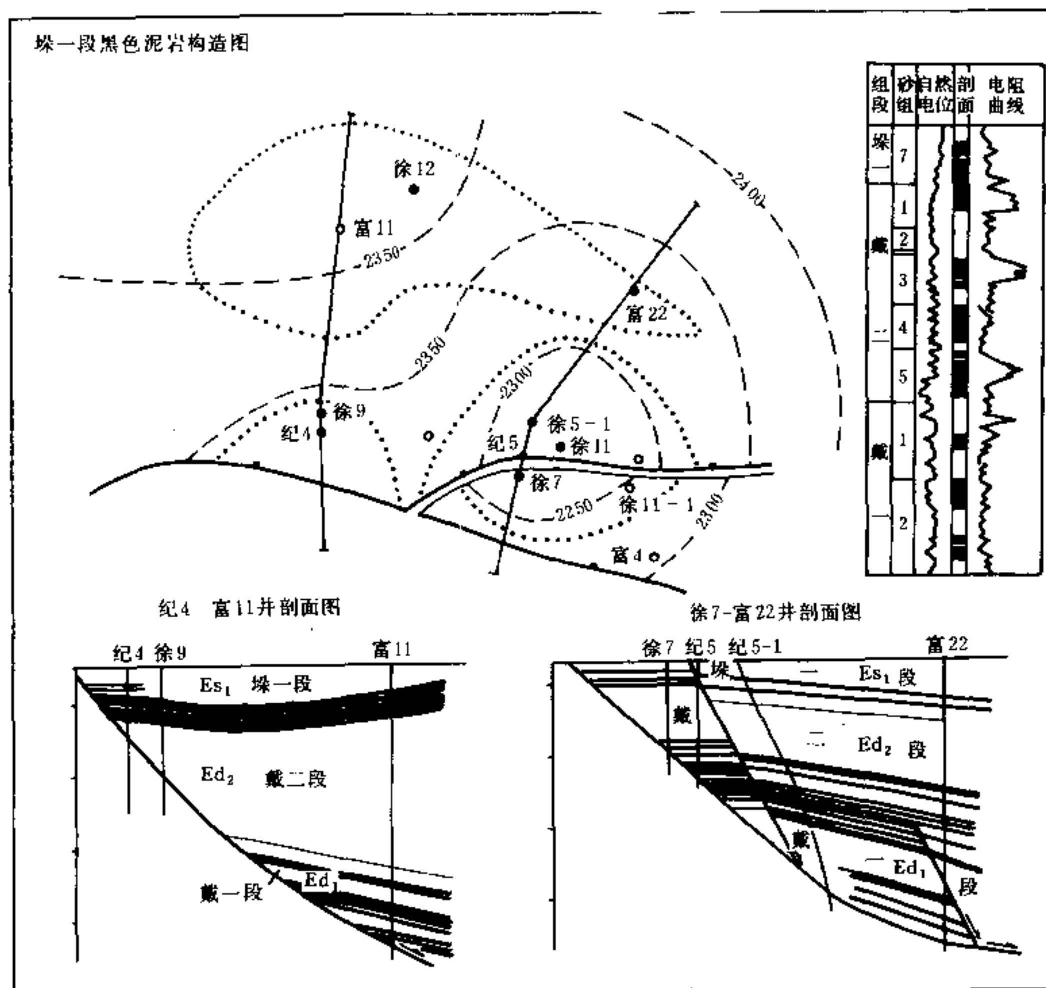



图2－9－6 徐家庄油田地质综合图

图例同图2－9－1

## 第七节 刘庄油气田

刘庄油气田位于金湖县金北乡，区域构造属金湖凹陷西北斜坡带。1974年为地震工作发现，同年12月及次年5月，江苏省石油勘探指挥部第五普查勘探大队，钻东60井，在阜一段、阜二段试获工业油、气流。1979年由江苏油田投人试采。至1988年底，共完钻井32口，其中获工业油气流井14口。

**一、构造特征**

刘庄构造是在古构造背景上被断层复杂化的断鼻构造。位于刘庄断裂构造带上升盘，在古构造背景上，被北北东及北东向的刘1、刘2断层夹持，并为次一级断层切割为3个断块，自北而南称刘13、刘9、刘11断块，最大的为刘11断块（见图2－9－7）。

刘庄构造是在基岩隆起背景上发展而形成的断鼻构造，早在侏罗纪以后，由于断裂活动形成一个局部隆起，上白垩统及新生界沉积时，仍然保持着相对隆起的性质。阜二段沉积时，阜一段顶面在今构造顶部东64—刘10井已具有较平缓的构造显示，阜宁组末圈闭面积有所扩大，三垛组沉积前，构造圈闭范围与今构造大体吻合。

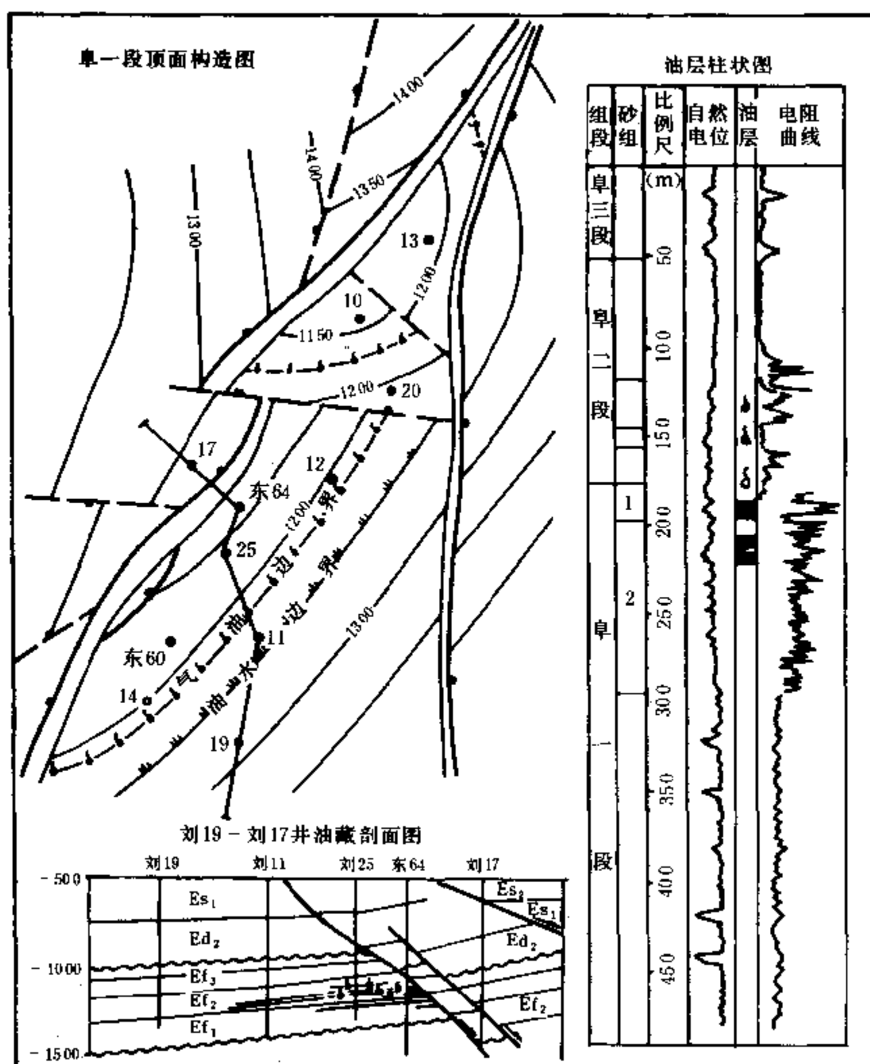



图 2—9—7　刘庄油气田地质综合图

图例同图 2—9—1

刘1断层走向北东、长度超过5公里，倾向北西，倾角60°，断距50～170米，为一反向正断层，构成油田的西界，推测在仪征运动前就已发育，吴堡—三垛运动时继续活动，构成了刘庄构造下降盘阜二—阜四段与上升盘阜一—阜二段接触的良好的界岩关系，成为控制油气藏形成的一个重要条件。从三河次凹运移而来的油气聚集于该断裂上升盘的构造高部位。

刘2断层走向北北东，长约4.5公里，为一东倾正断层，倾角64°，断距60～80米，是油气田的东界。

刘1断层的派生断层——刘21井断层、刘10井断层，将油气田切割为3个断块。各断块的含油气状况、原油性质均不同，说明断层对油气藏分布起着重要作用。

刘庄构造面积大，但充满系数低，含油气面积小。按阜二段底部$T_3^3$标准层计算，圈闭面积60平方公里，闭合高度100米。

**二、油气层特征**

具有两套油（气）层系，多种储集类型。储集层岩性、物性变化大。含油气层位为阜二段下部及阜一段上部，埋藏深度1100～1220米左右。在含油气层段内共划分有5个砂层组16个油砂体，其中阜二段3个砂层组10个油砂体，阜一段2个砂层组6个油砂体。

储集层的岩性较复杂，有多种类型的碳酸盐岩与砂岩。阜一段储集层以石英粉细砂岩为主。砂岩分选中—良好，次圆—次棱角状，砂岩平面分布相对较稳定，单砂层厚度较小，一般1～3米，最厚5.2米。平均粒度中值0.116～0.132毫米，灰质含量6～20%，最高达30%，泥质含量平均5.9～6.5%，孔隙度平均21.3～21.9%，渗透率平均$109.8\times10^{-3}$～$320.3\times10^{-3}$二次方微米，最高为$1017.9\times10^{-3}$二次方微米，胶结类型为孔隙式，孔隙—基底式。

阜二段储集层以碳酸盐岩为主，其次为砂岩。碳酸盐岩中主要有生物灰岩、碎屑灰岩、虫管灰岩、鲕粒灰岩、藻灰岩及泥灰岩等。单层厚度一般在1.5～3米左右，个别最大厚度可达11米。孔隙度平均18.4～22.7%，平均渗透率$19.1\times10^{-3}$～$75.1\times10^{-3}$二次方微米。据刘20井取芯薄片鉴定资料，碳酸盐岩主要孔隙类型有骨架孔隙、粒间溶孔孔隙和过渡型孔隙。此外，还有鲕内溶孔及晶间孔隙。碳酸盐岩储集层在短距离内急剧相变，岩性、层数、厚度变化都较大，多呈团窝状、透镜状分布，多发育在古构造的顶部，生物碎屑灰岩厚度最大，因这里往往是高能带，提供了形成岸外浅滩的有利地形条件。

5个含油砂层组的井层连通百分比变化范围大，为20～100%，一般为40～89%。

**三、油气藏类型**

阜二段油气藏是构造、断层控制的层状油气藏。油气平面分布：在构造或断块的高部位为气，低部位是油，边部为水。重力分异作用明显。三个断块有各自的气油、油水界面，如第2砂层组第3油砂体，刘9断块的油气界面深度1164米，油气界面走向近东西；刘11断块的油气界面为1175米，走向北东，油水界面为1220米；刘13断块油气界面在1184米左右。三个断块都有气顶与狭窄的油环，油气层呈层状分布。

阜一段是受构造控制的岩性油气藏。除分布在构造高部位外，还受岩性的圈闭；由于砂体尖灭或岩性致密物性变差，造成含油气范围的局限性。例如阜一段第2砂层组第2油砂体含油范围局限于刘25—东60—刘26井一带，其西侧受构造断层控制，其东侧刘11—刘14井一线砂层变为干层或尖灭，受岩性制约。还有少数为岩性透镜体油气藏。砂岩透镜体仅单井钻遇，油砂体面积很小。如刘26井的第2砂层组第1油砂体即属此类。

**四、流体性质及油层压力温度**

原油性质较差，具有比重大，含蜡量与凝固点变化大的特点。因受断块分割，造成了块间油性的差异。天然气甲烷含量高，是典型的干气。油田水矿化度较低，水型为$NaHCO_3$。详见表2-9-12。

油层压力与静水柱压力基本一致，为0.1兆帕／10米左右。油井实测压力系数一般在0.097～0.099左右。

地温梯度较高，平均为4.25℃／100米，油层温度一般在50～55℃。

表 2-9-12 刘庄油气田流体性质表

| 项目 | | 阜二段 | 阜一段 |
|---|---|---|---|
| 原油性质 | 相对密度 | 0.9186～0.9316 | 0.9090～0.9207 |
| | 地下粘度(mPa·s) | 17.57～13.5 | 40.5～96.9 |
| | 地下粘度(mPa·s) | | 24.5 |
| | 含硫(%) | 0.46～0.73 | 0.41～0.60 |
| | 含蜡(%) | 11.81～22.16 | 5.89～13.84 |
| | 凝固点(℃) | 8～17 | 20～31 |
| | 饱和压力(MPa) | | 9.2 |
| | 地饱压差(MPa) | | 2.43 |
| | 原始油气比($m^3$/t) | 55① | 30.1 |
| 天然气 | 相对密度 | 0.5665 | 0.5690 |
| | 甲烷含量(%) | 97.4 | 94.9 |
| 油田水 | 总矿化度(mg/l) | 5000～6300 | 4800～5800 |
| | 氯离子(mg/l) | 2300～3100 | 2700～3400 |
| | 水型 | $NaHCO_3$ | $NaHCO_3$ |

①为气层资料。

## 第八节 卞东油田

卞东油田位于金湖凹陷南部卞塘—闵桥断裂构造带中段，南靠龙岗次凹，地处金湖县淮河入江水道上的高邮湖区。是一个向北倾没，相对整装的断鼻构造。1979年，江苏石油勘探开发会战指挥部在该断裂带进行模拟地震勘探，因无水上作业施工手段，测线做至湖岸被迫中止。后经对全凹陷老资料的复查解释，发现卞塘与闵桥镇间，即引淮入江水道与高邮湖湾的汇合处，似有构造高点的存在。为此，1986年10月，布置了1个地震队在湖区施工，完成了4条穿湖的地震测线，从而证实了卞东是一个面积较大、幅度较高、目的层位埋深浅、高点位置在高邮湖水域的断鼻构造。1987年4月，根据地震勘探成果拟定的第一口定向斜井——卞1井开钻。钻井过程中，采用了比重1.04的优质泥浆，在阜二段发现良好油气显示。以后用原钻机测试，获得日产58.5吨无水原油，开创了金湖凹陷自油气勘探工作开展以来预探井的高产记录。卞1井即成为卞东油田的发现井。以后又相继钻探卞2、卞3和卞13-1等评价井，探明了油田含油边界，取得了储量计算所需参数。

卞东油田1987年8月在卞1井开展试采工作，当年采出原油3600吨，1988年9月，在卞8和卞9两个采油井组施行注水试验。

### 一、构造特点

卞东构造是在吴堡时期形成、三垛时期定型的一个北倾断鼻构造。据阜二段第3砂层组构造图（图2-9-8）和动态资料来看，构造基本完整。若以-1575米等深线计算阜二段第3

砂层组顶面构造的闭合高度为125米，圈闭面积4.73平方公里，构造平缓，倾角4°～6°。构造南界断层是控制油藏形成的主断层，断距70～120米，断层走向大致呈东西向展布，断面南倾，倾角下小上大，1200米等深线以下约40°，以上为55°～60°。构造东翼有一条正断层，断距50～70米，其南端与构造的南界断层斜交。构造主体部分还有一条近北东东向，断距15～30米的小断层将构造分成东西两块，据油田开采动态资料观察，两个断块之间具有一定的封隔性。

**二、储集层特征**

根据钻井和测井资料分析，卞东油田的储集层自上而下分别为阜三段、阜二段和阜一段三套，其中以阜二段为主要储集层。

阜三段，为一套半浅湖和三角洲相沉积，主要岩性为暗灰色或褐色泥岩和细、粉砂岩。砂岩集中发育在阜三段底部和中上部，据少量岩芯分析资料分析，岩性为长石石英粉砂岩。连通孔隙度27.8%，水平渗透率$15.1\times10^{-3}$二次方微米。

阜二段，为一套滨湖和浅湖相沉积，主要岩性为灰黑色泥岩、泥灰岩、粉砂岩、鲕粒灰岩，共分三个亚段，储集层集中发育在第三亚段，储集层单层厚度薄，多在1～4米间，储集层累计厚度12～20米，分为砂岩和碳酸盐岩两类，以砂岩类为主。砂岩类储集岩的成分：石英约占67%，长石24%，岩屑13.4%。胶结物总量23.6%，主要成分是灰质、白云质、偶见泥质。砂岩胶结类型主要有孔隙式、接触式和孔隙—接触式。胶结致密。孔隙类型主要是粒间孔和溶孔。平均粒度0.08毫米，碳酸盐含量21.9%。碳酸盐岩储集岩主要岩性有砂质鲕粒灰岩，藻鲕灰质白云岩，一般以亮晶方解石胶结。鲕粒直径多在0.15～0.97毫米之间，孔隙以粒间和粒内孔为主。

阜一段，为一套河流相沉积，主要岩性为棕红色粉、细砂岩和泥岩的互层，阜一段末期以闵桥为中心，喷发了一期玄武岩流。卞东构造东翼处于这期火山岩流的外缘，玄武岩厚数米至十余米，裂隙发育。

**三、油层分布与油藏类型**

阜三段油层平面上分布零星，单层厚度多小于5米。构造顶部卞9-2井射开阜三段一个单层，厚3.6米，用4毫米油嘴，15毫米档板测得日产气量13600立方米。构造东翼卞13-2射开2层，厚12.6米、酸化后日产油9.5吨。投产后，初期日产6.8吨，动液面1332米左右。从钻井资料看，阜三段为受岩性和断层控制的油气藏。

阜二段产层共划分14个小层，其中有11个砂体含油，1号和5号砂体是大片连通的主力油砂体，其钻遇率为100%。1号油砂体岩性为粉砂岩和鲕灰岩，孔隙度19.6%，渗透率为$81.4\times10^{-3}$二次方微米，5号油砂体为粉砂岩，孔隙度为16.6%，渗透率$34.6\times10^{-3}$二次方微米，其余的油砂体多为粉砂岩，其中14号砂体在构造东翼为生物灰岩，其连通状况和物性均低于第1和第5号油砂体。通过18块压汞样品的统计看出，孔隙分布的平均峰位在2.5～4微米的孔喉半径区间内，平均峰位47.5%；渗透率分布的平均峰位在2.5～6.3微米的孔喉半径区间，平均峰位亦为47.5%，孔隙和渗透率的分布峰位基本一致。从油层的分布看，阜二段在构造高部位受南界断层遮挡，低部位受边水控制，主要油层有一个基本统一的油水界面，其深度在-1574米左右，是一个层状构造油藏。其余各层，平面上岩性变化较大，属岩性油藏和岩性—构造油藏，各类油藏的天然能量不足，试油初期动液面都在1000米以下。卞1井试采不到一年，除本井压力和产量下降外，相邻井组地层压力平均下降6兆帕，其中距卞1井最近的卞10井，总压降已达7.65兆帕。

阜二段第三砂层组顶面构造图

卞3－卞4-2井剖面图

苏139－卞9-1井剖面图

图 2-9-8　卞东油田地质综合图

图例同图 2-9-1

阜一段油层通过测试资料看，除卞13-1井的玄武岩获得工业油流外，其它砂岩储集层因渗透性较低，尚未取得突破性进展。

**四、流体性质**

据23口井29个地面原油样品分析资料，地面原油相对密度为0.8544～0.8824，平均为0.8740，粘度30.07～85.78毫帕秒，平均40.8毫帕秒，凝固点32～39℃，油气比20立方米／吨左右。甲烷含量75.27%，乙烷5.52%，含氮量8.06%，水型以$Na_2SO_4$型为主。

**五、油气藏压力和温度**

阜二段油藏埋深在1440～1574米范围内，油层平均中部深度为1523米，平均地层压力15.23兆帕，压力系数为1。油层温度为69℃，地温梯度3.6℃／100米。

## 第九节　安丰油田

安丰油田位于海安凹陷富安次凹的西北坡，安曹断裂构造带的西端，是安丰大断层上升盘的一个狭长断鼻构造（图2-9-9），地处东台县安丰乡。

1972年，"六普"在该构造首钻苏33井，在井深2001.5～2002.5米阜二段，录井见1层1米的棕褐色含油凝灰岩，在2701.0～2704.1米泰一段见1层3米灰黄色油斑砂岩，因该井钻在构造低部位而裸眼完井。1984年4月，江苏石油勘探开发公司在模拟磁带的地震详查基础上，又钻预探井安3井，在2396.6～2400.4米泰一段顶部钻遇油层2层3米，抽汲日产油5.8吨，从而证实安丰构造是一个泰州组含油构造，通过对此钻探成果分析，该井并未钻遇高点的实际位置。

1985～1986年，为落实构造又进行了0.5×1.0公里测网的数字地震详查，根据新获得的地震成果布置了4口探井，其中安丰1井在构造高部位钻遇泰一段2、3砂层组（1砂层组断缺）油层10层40.6米，射开第2砂层组的1层8米，获得日产22.7吨工业油流。其余各井也取得具有价值的地质成果，控制了安丰油田的含油范围和储量计算所需的各项参数。至1987年底，完成了安丰油田的初步开发方案。

**一、构造特征**

安丰构造是被安丰断层切割的一个断鼻构造，按安丰构造泰一段顶面构造图2500米等深线计算，圈闭面积为3.95平方公里，闭合幅度200米，地层倾角22°左右，高点埋深约2300米。安丰断层是富安次凹北界的一条正断层，断层走向北东东，延伸长约30公里，断距1400米，断层面呈椅形，上部倾角65°左右，中部16°左右，下部又为45°，但在油田范围内呈西陡东缓之势。据构造发育史分析，断层主要活动时期是戴南、盐城期。

**二、储集层岩性和物性特征**

油田内储集层为泰一段，是一套河流—浅湖相沉积，岩性为灰色、棕褐色砂岩和棕色、灰黑色泥岩，根据岩性和电性的旋回特征，自上而下将泰一段划为3个砂层组。第1砂层组为细砂质粉砂岩，砂层一般7～9层厚约15米。岩性变化大，油田西半部安丰7井一带砂层层数减为3～4层，厚度小于10米；油田东半部层数为8～9层，最厚达27米。平均孔隙度20.0%，空气渗透率$55\times10^{-3}$二次方微米，胶结物中泥质含量8.9%，灰质8.1%、白云质6.4%，胶结类型为孔隙和孔隙—接触式。第2砂层组为粉砂—细砂岩，砂岩厚度一般在25米以上，单层厚度最大者为15.6米，平均孔隙度21.0%，空气渗透率$134.3\times10^{-3}$二次方微米，胶结物中泥质含量较第1砂层组明显减少，约3%，灰质5.1%，白云质7.3%，

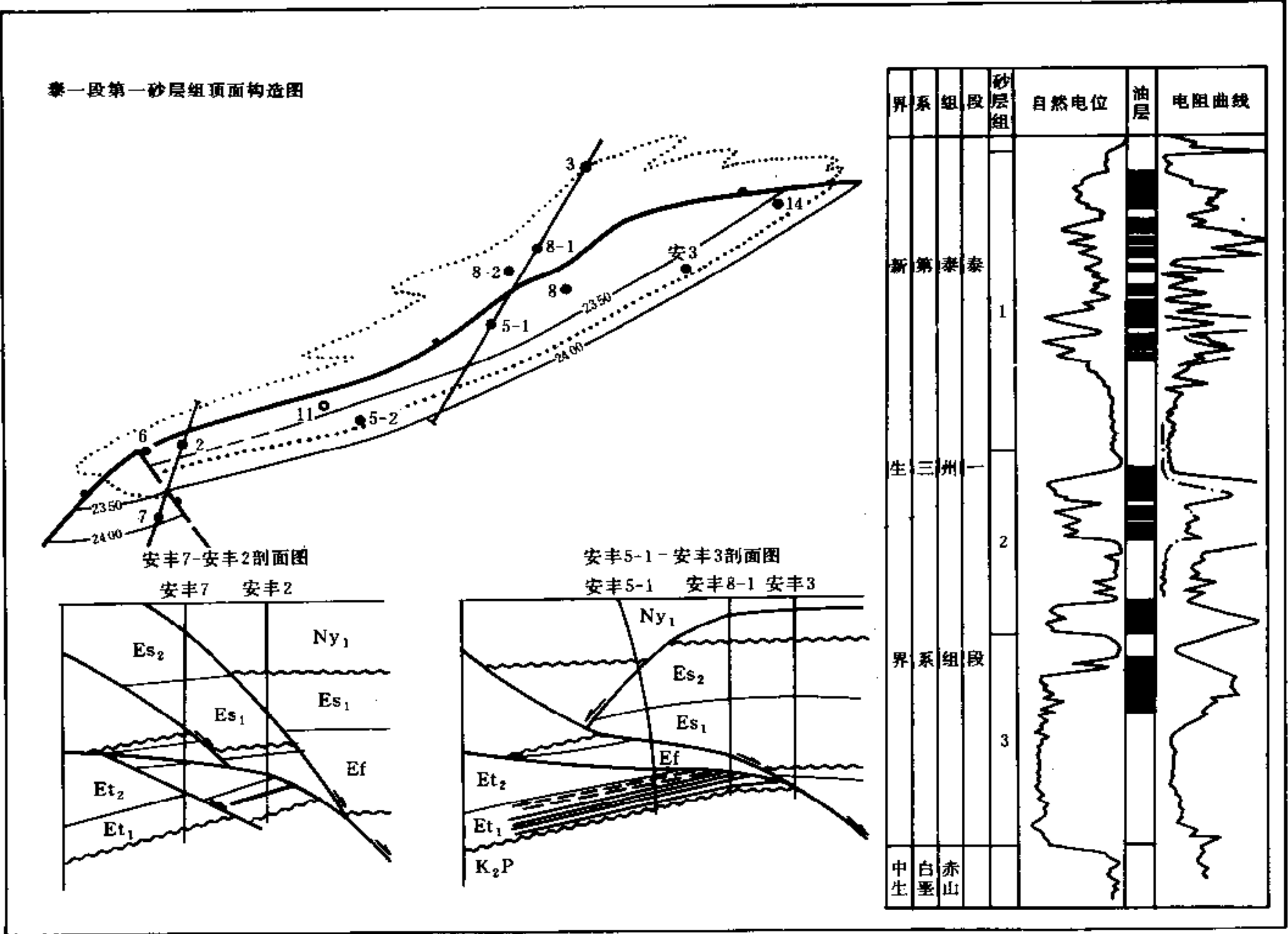



图 2-9-9　安丰油田地质综合图

图例同图 2-9-1

胶结类型同第1砂层组。第3砂层组岩性为细—中砂岩和含砾砂岩，块状，单层厚度一般40米以上，平均孔隙度23.0%，空气渗透率$270.4\times10^{-3}$二次方微米，胶结物中，泥质含量为2.7%，灰质4.7%，白云质6.1%，薄片观察大部分长石溶蚀，次生孔隙发育，胶结疏松，胶结类型为孔隙—接触式。

据安丰油田泰一段的储集层特征，其沉积为自下而上大的正旋回，由第3砂层组到第1砂层组，矿物成熟度高，表现为石英含量相对增加，岩屑含量相对减少。胶结物含量相对增加，平均粒径的中值变大，孔隙度和渗透率降低（见表2-9-13，表2-9-14）。

**表2-9-13 安丰油田泰一段各砂层组岩石特性表**

| 砂层组 | 各碎屑成分平均含量(%) | | | 胶结物平均含量(%) | | | 粒径主要分布范围(φ) | 平均粒径 | | 岩石定名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 石英 | 长石 | 岩屑 | 泥质 | 灰质 | 白云质 | | 平均值(φ) | 变异系数(%) | |
| 1 | 56.8 | 24 | 19.5 | 9.6 | 7.1 | 6.4 | 3~5 | 4.1 | 10.6 | 细砂质粉砂岩 |
| 2 | 50.9 | 26.6 | 22.4 | 2.8 | 5.8 | 6.8 | 2~4 | 3.1 | 9.3 | 含粉砂细砂岩 |
| 3 | 45.1 | 26 | 29.0 | 2.7 | 4.7 | 6.1 | 1~3 | 2.5 | 12.1 | 细砂质中砂岩 |

**表2-9-14 安丰油田泰一段各砂层组物性数据表**

| 砂层组 | 主要岩性 | 孔隙度(%) | 空气渗透率($\mu m^2$) | 胶结物含量(%) | | | 胶结物类型 | 薄片观察 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 泥质 | 灰质 | 白云质 | | |
| Ⅰ | 粗粉—细砂岩 | 20.5 | 70.6 | 8.9 | 8.1 | 6.4 | 孔隙、接触—孔隙 | 部分长石溶蚀成次生孔隙 |
| Ⅱ | 中—细砂岩 | 21.0 | 140.1 | 3.0 | 5.1 | 7.3 | 孔隙、接触—孔隙 | 部分长石溶蚀成次生孔隙 |
| Ⅲ | 细—中砂岩、含砾砂岩 | 23.7 | 606.4 | 2.7 | 4.7 | 6.1 | 孔隙—接触 | 大部分长石溶蚀次生孔隙发育 |

### 三、油层分布与油藏类型

泰一段3个砂层组内的油层沿安丰大断层呈长条状分布，构造高部位油层发育，自第1砂层组到第3砂层组，含油边界逐次向高部位收缩，含油面积减小，含油带变窄，第1砂层组油藏宽度400~500米，在构造范围内均有分布，第2、3砂层组油藏宽度仅150~300米，仅在油田东半部安丰1井一带发现，西半部因构造高度略低，无油气聚集。

油层分布除主要受构造控制外，第1砂层组尚有岩性因素的影响。以安丰5井组三口井的资料为例，安丰5井第1砂层组钻遇砂层9层27.2米，其西相距400米的安丰5-2井为8层17.6米，其东相距350米的安丰5-1井钻遇8层14.8米。其中第1号油砂体安丰5井砂层厚8.6米，有效厚度7.0米，而在安丰5-2和安丰5-1两井砂层厚仅1米，因渗透性太差，全为干层。

3个砂层组无统一的油水界面，据钻井资料推测，第1砂层组的油水界面约在2400米，第2砂层组约在2370米、第3砂层组为2366米，是一个主要受构造控制的油藏，受边、底水驱动。

**四、流体性质**

泰一段原油具有高含蜡，高凝固点的特征。地面原油相对密度平均0.8832，粘度93.32毫帕秒，凝固点40.3℃，含蜡22.9%，含胶质34.91%。安丰2井第2砂层组处于构造高部位，原油性质略轻（见表2–9–15），安3井处于含油边界附近，原油性质稍重。据安丰2井地面原油的粘—温曲线，地层温度下（91℃）原油粘度为30.5毫帕秒。原油中基本不含气。

据安3井的水样分析，地层水的总矿化度为39700毫克／升，氯离子含量为22000毫克／升，地层水属$Na_2SO_4$型。

**五、油层压力和温度**

据安丰1和安丰2井MFE测试资料，3个砂层组的压力系数为1.18，折算到2350米的原始地层压力为27.7兆帕。油层温度91℃。

**六、开采状况**

根据油田各砂层组储量分布、隔层条件和油层物性特点，将油田分成三套层系，利用天然能量开发。截至1988年底共有采油井13口，日产水平达220吨。油田产量高的主要原因，一是建立了较大的生产压差，据12口井统计，平均泵深1857米，以较大的排液量和流速，克服了原油凝固点高，析蜡温度高，原油不含气，给生产带来的困难，既保证了油井正常工作，又发挥了油层潜能；二是油层本身能量充沛，各砂层组属中偏高孔渗类型，油层内部均质程度较高，油层压力系数高，还有较高的边、底水能量，油田东半部压降速度小，安丰1井开采第2砂层组原始地层压力28.49兆帕，1988年6月2日，测得静压为26.34兆帕，阶段压降2.15兆帕，单位压降产油量2877吨／兆帕，安丰4井开采第1砂层组原始地层压力27.88兆帕，1988年7月1日测得静压24.58兆帕，阶段压降3.3兆帕，单位压降采油量2866吨／兆帕。

# 第十章　含油气评价

苏北盆地的油气资源量主要集中于南部的东台坳陷。盐阜坳陷中，只有盐城凹陷生油层埋藏较深，有部分油气资源量。对于该盆地的资源预测，在1984年进行过系统的工作。

对苏北盆地各凹陷的油气资源预测，应以各生油凹陷的生油量预测为基础。通过生油岩专题研究认识到，苏北盆地下第三系六组生油岩中，以阜二段和阜四段为最好。盐阜坳陷的阜宁组埋藏较浅，保存和转化条件差，其中只有盐城凹陷较好；东台坳陷具有几千米的第三系沉积，各凹陷都有较好的生油能力。下面分别用氯仿沥青“A”法和构造圈闭法进行预测。

**一、氯仿沥青“A”法**

*1.计算公式*

$$Q_{残}=S\cdot H\cdot A\cdot D$$

$$Q_{总}=\frac{1}{1-K_b}\cdot Q_{残}$$

$$Q_{资}=Q_{总}\cdot K_d$$

式中　$Q_{残}$——残余生油量，亿吨；

$S$——成熟生油岩面积，平方公里；

$H$——成熟生油岩厚度（采用平均厚度），米；

$A$——成熟生油岩氯仿沥青“A”含量（先井点平均，再算术平均），%；

$Q_{总}$——总生油量，亿吨；

$D$——生油岩密度，亿吨／立方公里，用23亿吨／立方公里；

$Q_{资}$——油气资源量，亿吨；

$K_a$——排聚系数，%；

$K_b$——排出系数，%。

*2.参数选择*

（1）成熟生油岩面积和厚度　由于这两个参数都是受生油门限控制，所以首先要确定生油门限。苏北盆地各凹陷生油岩的成熟门限深度是有差异的，除了高邮凹陷阜四段热演化曲线的资料充分外，其它凹陷因勘探程度限制而资料不足，只能综合各种资料确定门限深度（表2-10-1）。

溱潼凹陷与高邮凹陷相邻，许多地质因素很相似，因而门限深度借用高邮凹陷数据。海安凹陷经综合分析，也定为2500米。金湖凹陷刘庄地区在三垛—戴南组沉积后，抬起较明显，生油岩现埋深小于成熟时的埋深，目前成熟门限深度定为2000米。盐城凹陷更缺乏系统的生油岩分析资料，深凹部位的苏89井岩屑所做热解资料表明，只有阜二段是成熟生油岩，其埋深接近3000米。而苏84井的阜二段埋深1900米，烃／碳只有2.5%。综合考虑暂定门限深度为2750米。

（2）氯仿沥青“A”含量　苏北盆地部分凹陷的氯仿沥青“A”含量见表2-10-2。

表 2-10-1　苏北盆地各凹陷生油岩成熟门限及所依据的指标

| 项目（层位/凹陷） | | 高　邮 | 金　湖 | 海　安 | 盐　城 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 阜四段 | 阜四段 | 阜二段 | 阜二段 |
| 门限 | 深度(m) | 2500 | 2000 | 2500 | 2700～2800 |
| | 温度(℃) | 88 | 85 | 89 | |
| 烃/碳(%) | | >3 | >2 | >3(安一井 2550m) | 苏 89 井岩屑 3070m 2.9 以上,以下均少 |
| OEP | | 1.2 | 1.1 | <1.3 | 阜二段底 2945m>1.3 阜二段顶 3000m 为 0.8 |
| 最高热解峰温 $T_{max}$(℃) | | >440℃ | 顶部大多为 435℃ | 2500m 以下 437℃左右 | 2600m 以下达到 435℃ |
| 镜质体反射率 $R_O$(%) | | 0.5～0.6 | | | |
| 总烃(ppm) | | >400 | 300 | >400 | 300～400 |
| 饱和烃与(非烃+沥青)两曲线交点深度 | | 2500m | 2200m | 2590m | |

表 2-10-2　苏北盆地部分凹陷各层位氯仿沥青"A"含量表

| 层位（项目/凹陷） | 高　邮 | | 金　湖 | | 溱　潼 | | 海　安 | | 盐　城 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 氯仿沥青"A"(%) | 样品数 | 氯仿沥青"A"(%) | 样品数 | 氯仿沥青"A"(%) | 样品数 | 氯仿沥青"A"(%) | 样品数 | 氯仿沥青"A"(%) | 样品数 |
| 戴一段 | 0.031 | 61 | 0.0352 | 9 | 0.0567 | 6 | 0.0126 | 5 | 0.061 | |
| 阜四段 | 0.0967 | 114 | 0.0858 | 42 | 0.073 | 33 | 上部:0.079<br>下部:0.027 | 14<br>11 | 0.0724 | |
| 阜三段 | 0.036 | 64 | 0.035 | 21 | 0.0468 | 6 | 0.0228 | 24 | 0.054 | 11 |
| 阜二段 | 0.1264 | 82 | 0.112 | 14 | 0.09 | 11 | 0.1611 | 38 | 0.182 | 24 |
| 阜一段 | 0.078 | 9 | 0.03 | 3 | 0.0791 | 12 | 上部:0.0507<br>下部:0.01 | 10<br>3 | 0.0518 | 5 |
| 泰州组 | 0.065 | 14 | | | 0.0783 | 3 | 0.031 | 3 | | |

(3) 排出系数和排聚系数　这两个参数的选择是对照"中国陆相沉积盆地石油资源预测"一文提出的数据给出的。根据这篇文章，全国生油凹陷可分三类，三类的指标见表 2-10-3。依据该分类指标，将盆地内各凹陷和凹陷类型分列如表 2-10-4。

(4) 排聚系数　苏北盆地的排聚系数按照表 2-10-5 得出。

各种参数确定后，就可以算出苏北盆地各凹陷远景资源量。表 2-10-6。

**表 2-10-3 生油凹陷分类表**

| 凹陷分类 \ 指标 | C(%) | 沥青"A"(%) | 有机质类型 |
|---|---|---|---|
| Ⅰ 类 | >2 | >0.2 | Ⅰ或$Ⅱ_1$ |
| Ⅱ 类 | 2~0.6 | 0.2~0.05 | $Ⅱ_1$或$Ⅱ_2$ |
| Ⅲ 类 | 0.6~0.4 | 0.05~0.015 | Ⅲ |

**表 2-10-4 苏北盆地各凹陷类型表**

| 凹陷 \ 指标 | C(%) | 沥青"A"(%) | 有机质类型 | 凹陷分类 |
|---|---|---|---|---|
| 高 邮 | 0.868 | 0.1 | Ⅱ | $Ⅱ_A$ |
| 金 湖 | 0.51 | 0.0786 | Ⅱ | $Ⅱ_B$ |
| 海 安 | 0.61~1.57 | 0.065 | | $Ⅱ_B$ |
| 溱 潼 | 0.61~1.57 | 0.0776 | | $Ⅱ_B$ |
| 白 驹 | | 0.1009 | | $Ⅱ_B$ |
| 盐 城 | 0.81~1.89 | 0.0428~0.173 | | $Ⅱ_B$ |

**表 2-10-5 全国各类凹陷一般采用的排聚系数**

| 系数 \ 类型 | Ⅰ | Ⅱ | | Ⅲ |
|---|---|---|---|---|
| | | A | B | |
| $K_h$(%) | 50~40 | 40~30 | 30~10 | <10 |
| $K_a$(%) | >10 | 10~5 | 5~3 | <3 |

**表 2-10-6 苏北各凹陷(沥青"A"法)估算资源量**

| 生油各门限深度 | 凹陷名称 | 下第三系 | | 成熟生油岩 | | | 有机质丰度 | | | 凹陷分类 | 远景资源量 ($10^8$t) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 面积 ($km^2$) | 最大厚度 (m) | 面积 ($km^2$) | 平均厚度 (m) | 体积 ($km^3$) | 有机碳 (%) | 沥青"A" (%) | 总 烃 (p.p.m) | | |
| 2500 | 高邮 | 2670 | 7000 | 1048 | 687 | 720.34 | 1.149 | 0.105 | 471 | 二类 (A) | |
| 2600 | 白驹 | 1600 | 4500 | 60 | 199 | 11.92 | 1.82 | 0.08 | | 二类 (B) | |
| 2000 | 金湖 | 5000 | 5500 | 1538 | 373 | 573.1 | 1.21 | 0.0923 | 347 | 二类 (B) | |
| 2500 | 海安 | 3500 | 5200 | 1874 | 272 | 510.1 | 1.04 | 0.0931 | 397 | 二类 (B) | |
| 2500 | 溱潼 | 1130 | 6000 | 799 | 574 | 459 | 1.156 | 0.0776 | 324 | 二类 (B) | |
| 2750 | 盐城 | 2100 | 6000 | 632 | 389 | 245.3 | 1.24 | 0.0895 | 334 | 二类 (B) | |
| | 总计 | | | | | | | | | | 3~6 |

苏北盆地除高邮凹陷外，其它各凹陷的资源量预测，仅以沥青"A"法进行推算，全盆地下第三系生油岩的总生油量为77.15～95.65亿吨，按二类凹陷的排聚系数计算，资源量达数亿吨。资源量的90%以上集中在东台坳陷，其中高邮凹陷居首位，约占38%，次为金湖、海安和溱潼凹陷，各占18%左右；盐阜坳陷内仅计算了盐城凹陷的资源量，约占8%。目前探明储量还不到预测资源量的10%，勘探前景是可观的。

**二、构造圈闭法**

构造圈闭是形成油藏的主要条件之一，利用局部构造圈闭测算资源量，是早期油气资源评价的基本方法。

*1.计算公式*

$$Q_{资} = S \cdot H \cdot 充满系数 \cdot 单储系数$$

式中 $Q_{资}$——圈闭中的资源量，万吨；

$S$——圈闭面积，平方公里；

$H$——油层厚度，米。

*2.参数选择*

苏北盆地各凹陷的勘探程度不同，在参数选择的精度上必然存在差异。高邮凹陷中打井较多，地震测网较密，参数亦较准确。而金湖、海安两凹陷打井较少，地震测网密度不及高邮凹陷，特别是海安凹陷，打井甚少，资料多来自地震解释，在诸如油层厚度、单储系数等参数的选择上，只能是对比和估计。

(1) 圈闭面积　以地震构造图上圈定的面积为准。

(2) 充满系数　统计了高邮凹陷多数含油气构造的充满系数，暂用1／3；金湖、海安两凹陷依据高邮凹陷资料，延用1／3。

(3) 单储系数　高邮凹陷利用已知油田的资料，计算出油田的单储系数值,以此为基础,类比到其它各圈闭；金湖凹陷参考高邮凹陷资料,戴南组采用10(万吨／米·平方公里)，阜宁组采用7（万吨／米·平方公里)；海安凹陷分为两类，火成岩为2.5～5.0，砂岩为5.0～12.0。

(4) 油层厚度　高邮凹陷和金湖凹陷在有钻井资料的圈闭上，利用钻井资料得出油层厚度，在没有钻井资料的圈闭上，利用附近井资料得出。海安凹陷是估计油层厚度。

苏北盆地利用构造圈闭法预测资源量的可靠性较差,原因主要在于构造圈闭面积小且少:苏北盆地所发现的构造圈闭面积大多小于5平方公里,在高邮凹陷中，面积在5平方公里以下的构造圈闭占所发现构造圈闭总面积的68.2%；含油气构造的充满程度低；由于各凹陷的勘探程度不同，选定圈闭面积这一参数时，精确度相差较多。另外，岩性油藏的圈闭面积难以确定。

基于上述原因，构造圈闭法在苏北盆地计算的资源量可靠性较差，它只能作为氯仿沥青"A"法的补充。

# 第十一章　苏南隆起区及丰、沛、铜地区

## 第一节　苏南隆起区

苏南隆起区，系指六合—如东一线以南地区。属南黄海—下扬子—钱塘坳陷的一部分。纵贯全区的茅山，将该区分割为两个地势不同的地带。东部是由长江、钱塘江冲积而成的长江三角洲平原，地势平坦，山丘星散，水网纵横，湖泊棋布，平原海拔一般小于2～8米，太湖是区内最大的湖泊；西部地势较为复杂，低山、丘陵、平原、洼地交替分布，宁镇山沿长江南岸，东西绵延于南京、镇江之间，著名的紫金山高达448米。区内最高的山峰为宜兴黄塔顶，海拔611米。

该区属凉亚热带湿润季风气候。春夏之交为雷雨期。夏秋之间多台风。年降水量1000毫米左右。该区又是我国工农业最发达的地区，素有"人间天堂"、"金三角"之称。

**一、勘探简史**

苏南地区的石油勘探工作始于1956年，先后有地质部石油勘探队伍、石油工业部华东石油勘探局、江苏石油勘探开发公司在该区进行石油地质普查勘探，至今可大致分为三个阶段。

*1.第一阶段（1956～1961年）*

1956年地质部成立华东石油地质普查大队，在华东五省展开石油地质普查工作；1958年石油工业部成立了华东石油勘探局，开展华东五省一市的石油普查勘探，标志着苏南地区石油地质勘探工作的开端。

在此阶段，两部石油职工协同工作，曾于1956年由地质部904队完成1∶20万航磁测量。1959年地质部华东石油物探大队进行了1∶20万电测深面积普查，在句容地区，常州地区做了150公里光点地震区域剖面。同年，华东石油勘探局、华东石油物探大队分区完成全区1∶20万重力普查。在句容、镇江、常州、金坛等地区对新生界、中古生界进行钻探，总计70余口井。

通过以上工作确定本区属于华南台块扬子坳陷区，进一步划分了次级构造单元：宁镇弧形断褶凸起，句容—南陵地堑凹陷，茅山断块凸起，金坛—郎溪地堑凹陷和无锡—广德隆起。提出常州—丹阳地区第三系具有勘探前景。认为句容凹陷中地球物理高点并非全是构造的反映。

由于山东华8井出油，华东石油勘探局和地质部的勘探工作告一段落，撤离该区。

*2.第二阶段（1969～1973年）*

1969年12月镇江东风煤矿东大巷大隆组页岩中流出原油2.6吨后，引起了江苏省领导的重视。1970年成立了江苏省石油勘探指挥部，为了重点追索该矿龙潭组、青龙组浅油层，钻了一批浅井，并在句容钻了4口井，都见到程序不同的油气显示，其中东风4井的青龙灰岩经酸化、爆炸等措施，获得原油88.5千克。1973年因勘探重点转移到苏北，"五普"、"六普"撤离该区，故勘探中断。

*3.第三阶段（1977年～现今）*

江苏石油勘探局在1977年的勘探部署中，确定了"侦察苏南"并"选择句容构造进行解剖"的方案，为此，1977～1982年该局用一个地震队进行石灰岩地区地震方法的攻关和试验生产，并在后白墅地区布署了2×2～1×2公里测网，发现了后白墅和金山两个构造，此外在湖熟断陷进行概查。

同时，在句容构造钻参数井2口（句参1，句参2），探井4口（容1，2，3，4），在不同层位均见油气显示，其中容2井在裸眼井段295.45～425.88米下青龙组石灰岩中试获油流，最高日产量6.6立方米。容3井在裸眼井段569.73～653.31米下青龙组石灰岩中试获最高日产油10.1立方米。从而突破了苏南碳酸盐岩地层的出油关。

通过对句容坳陷的原油进行多次地球化学分析研究，认为该坳陷原油产自三叠系下青龙组石灰岩，属于低—中等成熟度，并且有海相原油的特征，含蜡量低，含硫量中等，含氮量低，钒／镍比大于1的特点。其烃的组成属环烷基石油，饱和烃色谱主峰碳为$C_{12}$～$C_{15}$；原油碳同位素$\delta^{13}C$为$-27.18$～$-28.27$‰，色谱—质谱分析资料表明，原油萜烷中无伽马烷分布。这些特点与我国陆相原油有明显的差异，具有海相原油的地球化学特征。此外，容2井葛村组砂岩经酸化后共获原油1.4立方米。为了了解石灰岩目的层埋藏较深，盖层条件又好的地区的含油气情况，又选择了后白墅构造钻探了包1井，钻探结果发现该井上侏罗统直接覆于栖霞组之上，青龙组—孤峰组全部剥蚀残尽，因而未见油气显示。同时也证明了地震编制的$T_9$（上部）构造图反映的是印支—燕山期侵蚀面。

最近几年，各研究单位对苏南地区的推覆构造做过许多系统研究工作，成果表明本区内推覆构造十分发育，分布广泛。这些推覆构造均为中、古生界沉积盖层组成的推覆体。根据它们的运动学特征，从总体上看，分别属于长江南北两侧的两个推覆构造体系，即江南体系和江北体系。前者包括苏州—宁镇山脉南侧，为一自南东向北西的运动体系；后者包括苏北至宁镇山脉北侧，为一由北西向南东运动的体系。

## 二、地层

本区隶属扬子地层区的一部分，元古代—中生代早期为一套海相为主的碳酸盐岩沉积，中生代及其新生代主要为陆相河湖碎屑岩沉积。

区内元古代地层出露不完全，仅见晚元古代震旦纪，古生代和中生代早期地层发育较齐全，各组段的岩性、岩相特征明显，生物丰富（见图2-11-1）。中生代及其新生代地层与苏北中、新生代陆相地层特征相似。

### *1.上元古界震旦系*

震旦系在区内因被大面积第四系覆盖和后期构造破坏，出露较零星。主要分布在宁镇山脉东段的埤城、孟河；六合县冶山以及句容县仑山、南京幕府山等地。自下而上分下统莲沱组、南沱组；上统陡山沱组、灯影组。总厚度大于3430米。

（1）下统莲沱组　相当于此组的地层在苏南隆起区至今尚未发现。在苏北灌云县开山岛、船山岛见有零星出露。岩性为灰、绿灰、深灰色厚层长石石英砂岩夹绿灰色千枚岩，厚度大于77米。

（2）下统南沱组　以含冰碛砂、砾千枚岩为其特点。分布于宁镇山脉东段的埤城、孟河和江浦一带，由于第四系的覆盖，地层出露不全，地貌上呈低缓残丘。在丹阳县高桥出露的南沱组地层分上下两部分：下部黄、黄绿色含砂、砾千枚岩，厚度大于82.1米（未见底）；上部灰色含砂、砾千枚岩，厚度192.5米。与上覆陡山沱组黑色千枚岩呈断层接触。

（3）上统陡山沱组　广泛分布于宁镇山脉东段，出露齐全，组成山脉东段主体。典型剖

面位于丹阳县黄墟镇至武进县孟河镇一带。岩性分两部分，上部青灰色厚层臭灰岩，灰白、灰黑色厚层石灰岩夹土黄色泥灰岩，底部微含磷；厚256.8米。下部灰黑、灰、褐黄色含磷千枚岩夹褐黄色粉砂岩；厚度大于322米。

| 地层 | | | | 地层代号 | 视厚度(m) | 剖面 | 接触关系构造运动 | 沉积相带 | 油气藏 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 界 | 系 | 统 | 组 | | | | | | |
| 古生界 | 二叠系 | 上统 | 大隆 | $P_2^2d$ | 32 | | | 浅海相 | |
| | | | 龙潭 | $P_2^1l$ | 230 | | | 海陆交互相 | |
| | | 下统 | 堰桥 | $P_1y$ | 300 | | | | |
| | | | 孤峰 | $P_1g$ | 46 | | | 浅海相 | |
| | | | 栖霞 | $P_1q$ | 170 | | | | |
| | 石炭系 | 上统 | 船山 | $C_3c$ | 50 | | | | |
| | | 中统 | 黄龙 | $C_2h$ | 94 | | | | |
| | | 下统 | 老虎洞 | $C_1l$ | 10 | | | | |
| | | | 和州 | $C_1h$ | 18 | | | | |
| | | | 高骊山 | $C_1g$ | 97 | | | 海陆交互相 | |
| | | | 金陵 | $C_1j$ | 15 | | | | |
| | 志留系 | 上统 | 五通 | $D_3w$ | 193 | | 加里东运动 | | |
| | | 中统 | 茅山 | $S_{1-2}ms$ | 1608 | | | | |
| | | | 坟头 | $S_2f$ | 830 | | | 浅海相 | |
| | | 下统 | 高家边 | $S_1g$ | 1510 | | | | |
| | 奥陶系 | 上统 | 五峰 | $O_3w$ | 10 | | | | |
| | | | 汤头 | $O_3t$ | 54 | | | | |
| | | 中统 | 宝塔 | $O_2b$ | 35 | | | | |
| | | | 大田坝 | $O_2d$ | 16 | | | | |
| | | 下统 | 牯牛潭 | $O_1g$ | 24 | | | | |
| | | | 大湾 | $O_1d$ | 40 | | | | |
| | | | 红花园 | $O_1h$ | 205 | | | | |
| | | | 仑山 | $O_1l$ | 184 | | | | |
| | 寒武系 | 上统 | 观音台 | $\epsilon_3gu$ | >532 | | | | ● |
| | | 中统 | 炮台山 | $\epsilon_2p$ | 94 | | | | |
| | | 下统 | 幕府山 | $\epsilon_1mu$ | 245 | | | | |
| 上元古界 | 震旦系 | 上统 | 灯影 | $Z_2dn$ | >850 | | | | |
| | | | 陡山沱 | $Z_2d$ | >579 | | | | |
| | | 下统 | 南沱 | $Z_1n$ | >275 | | | | |
| | | | 莲沱 | $Z_1l$ | >77 | | | | |
| | | | 张八岭 | $Pt_2$ Zh | >2475 | | | | |

图2-11-1 江苏地区苏南前古生界地层柱状图

(4) 上统灯影组 分布于宁镇山脉东段，在六合县冶山以及仑山、幕府山等地也有零星出露。岩性为灰、浅灰、灰白色中厚—块状白云岩、泥质白云岩、硅质白云岩夹少量藻白云岩，顶部夹硅质层，局部具葡萄状结核，厚度大于840米，白云岩中产叠层石和核形石。

灯影组与上覆寒武系幕府山组为整合或假整合接触。

2.下古生界寒武系

出露较零星，主要分布在南京幕府山、汤山；句容县仑山等地，东部昆山地区井下也有揭示。为一套浅海相碳酸盐岩沉积。寒武系在本区划分为三统三组：下统幕府山组，中统炮台山组，上统观音台组。各组之间均为连续沉积。总厚度800米左右。

(1) 下统幕府山组 典型剖面位于南京幕府山。上部灰白、灰褐色薄层白云岩、石灰岩、白云质灰岩夹少量紫红色泥质灰岩；中部灰白、灰黑色含磷灰岩或白云质灰岩；下部黑色碳质页岩、硅质页岩夹石煤层，含磷结核及少量黄铁矿结核，厚246.2米。产三叶虫 *Redlichia nobilis* 莱得利基虫，*Paokannia* sp.保康虫等。

(2) 中统炮台山组 上部浅红、深灰色薄层泥质白云岩夹石灰岩、泥灰岩；下部为灰、深灰色薄层白云岩。产三叶虫 *Lisania paratungjenensis* 拟铜仁李三虫，*Aethia rectongalalis* 长方形鬼怪虫，*Jiangsuia cylindrica* 圆筒形江苏虫，*J.typica* 标准江苏虫，*Mufushania changi* 张氏幕府山虫，*M.nankingensis* 南京幕府山

虫等。

(3) 上统观音台组　灰白、浅灰、深灰色含燧石条带白云岩，厚度大于532米。与上覆奥陶系仑山组整合接触。区内西部缺乏化石，东部昆山地区井下见有丰富的三叶虫化石，主要有 *Doryoygella posterocosta* 后轴脊小叉尾虫，*D. jiangsuensis* 江苏小叉尾虫，*Fenghuangella magnispina* 巨刺小凤凰虫，*F.straita* 线纹小凤凰虫，*Bergeronites jiangsuensis* 江苏贝氏虫，*Liostracina bella* 美丽光壳虫等。

*3.下古生界奥陶系*

主要为一套浅海碳酸盐岩沉积，顶部有少量碎屑岩。分布于南京幕府山、汤山和句容县仑山等地，东部昆山一带井下也有发现。区内奥陶系发育齐全，自下而上分为下统仑山组、红花园组、大湾组和牯牛潭组；中统大田坝组、宝塔组；上统汤头组、五峰组。总厚度大于565米。

(1) 下统仑山组　灰色厚层石灰岩、白云质灰岩、白云岩，中部含少量燧石结核，厚97.5～184米。富产生物化石，主要有 *Dactylocephalus dactyloides* 指纹形指纹头虫，*Szechuanella szechuanensis* 四川四川虫，*Nanorthis hamburgensis* 哈伯矮正形贝以及牙形刺、笔石和头足类等。

(2) 下统红花园组　灰、深灰、灰黑色厚层亮晶生物碎屑灰岩和砂屑灰岩，厚50～205米。产丰富的生物化石，主要有 *Hopeioceras hupehense* 湖北河北角石，*H.styliforme* 柱形河北角石，*Coreanoceras curvatum* 弯曲朝鲜角石，*Diparelasma nanjingensis* 南京偶板贝，*Punctolira orientalis* 东方斑洞贝，*P.sinensis* 中华斑洞贝以及牙形刺、苔藓虫、腹足类和海蕾等。

(3) 下统大湾组　灰、深灰色中—厚层结晶灰岩夹薄层灰岩，厚20～40米。产生物化石 Protocycloceras hupehense 湖北前环角石，*Yangtzeella poloi* 波罗扬子贝，*Sinorthis typica* 标准中华正形贝，*Diparelasma silicum* 短角偶板贝等。

(4) 下统牯牛潭组　灰黄色微晶生物碎屑灰岩，厚12～24米。产头足类 *Dideroceras belemnitiforme* 箭形长颈角石，*Cochlioceras yangtzeense* 扬子壳角石以及牙形刺等化石。

(5) 中统大田坝组　砖红、肉红色薄—中厚层含泥质生物灰岩，厚2.2～16米。产生物化石 *Lituites ningkiangensis* 宁强喇叭角石，*Michelinoceras elongatum* 细长米契林角石以及三叶虫、牙形刺等。

(6) 中统宝塔组　灰黄、浅肉红、浅棕色生物碎屑灰岩，常具龟裂纹构造，厚10～35米，产化石 *Sinoceras chinense* 中华震旦角石等。

(7) 上统汤头组　灰黄、灰白色中薄层疣状泥灰岩、泥质灰岩，厚17～54米。富产三叶虫化石，主要有：*Nankinglithus nankingensis* 南京南京三瘤虫，*Hammatocnemis decorosus* 美丽瘤肋虫，*Cyclopyge rotundata* 圆润圆尾虫，*Trinodus hupehense* 湖北三瘤球接子等。

(8) 上统五峰组　青灰色硅质页岩，厚5～10米。区内东部砂质成分增多，厚度亦变大。本组产丰富的笔石化石，主要有 *Dicellograptus szechuanensis* 四川叉笔石，*D.ornatus* 装饰叉笔石，*Amplexograptus disjunctus yangtzensis* 节状围笔石扬子亚种，*Climacograptus supernus* 高层栅笔石，*C.bellulus* 优美栅笔石，*Orthograptus uniformis* 等宽直笔石等。

*4.下古生界志留系*

主要分布于宁镇山脉和茅山山脉，在宜兴、溧阳一带也有零星出露，为一套滨海—半深海相碎屑岩沉积。自下而上分下统高家边组；中统坟头组、茅山组，缺失上统。组与组之间

以及与下伏奥陶系均为连续沉积，与上覆泥盆系五通组呈假整合至微角度不整合接触。

(1) 下统高家边组　黄绿、灰黑色页岩、泥岩、粉砂质泥岩夹少量细砂岩，厚度大于1000米。产丰富的笔石化石，主要有 *Monoclimacis arcuata* 弓形单栅笔石，*Pristiograptus leei* 李氏锯笔石，*P. cyphus* 曲背锯笔石，*Orthograptus vesiculosus* 轴囊直笔石，*Akidograptus ascensus* 向上尖笔石等。

(2) 中统坟头组　黄绿、灰黄色泥质粉砂岩，下部夹灰黄色厚—中厚层石英细砂岩，厚226～830米。产生物化石 *Coronocephalus cf. ovatus* 卵形王冠虫相似种，*Orthonota perlata* 沿边后直蛏以及头足类和鱼类等。

(3) 中统茅山组　灰、灰紫、紫红色中厚层石英细砂岩夹薄层粉砂质泥岩、粉砂岩。厚度在区内变化较大，27～2000米不等。产鱼类化石 *Sinocanthus fancunensis* 畈村中华棘鱼等。

5.上古生界泥盆系

因受加里东运动的影响，区内缺失晚志留世—早、中泥盆世沉积，晚泥盆世时本区地壳再次不均匀下沉，接受一套滨海—陆相碎屑岩沉积。

上泥盆统五通组　主要出露于宁镇山脉、茅山山脉和苏锡、宜溧一带。按其岩性分为上下两段：上段（擂鼓台段）灰黑、深灰、灰褐色泥岩、泥质粉砂岩夹灰色石英细砂岩，厚34～56米。产化石：*Sinolepis macrocephala* 大头中华鱼，*S. wutungensis* 五通中华鱼，*Asterolepis sinensis* 中华星鳞鱼，*Leptophloeum rhombicum* 斜方薄皮木，*Sublepidodendron mirabile* 奇异亚鳞木，*Eolepidodendron wusihense* 无锡始鳞木以及大量孢子和叶肢介；下段（观山段）灰白色厚层中—细粒石英砂岩夹少量薄层状泥质粉砂岩，底部为灰白色含砾石英砂岩，厚84～152米。

6.上古生界石炭系

主要分布于宁镇山脉、茅山山脉以及苏锡和宜溧等地。自下而上分三统六组：下统金陵组、高骊山组、和州组、老虎洞组；中统黄龙组；上统船山组。

(1) 金陵组　灰黑色厚层石灰岩，厚4～15米。产化石：*Eochoritites neipentaiensis* 擂彭台始唱贝，*E. Leei* 李氏始唱贝，*Pseudouralinia nankingensis* 南京假乌拉珊瑚，*Keyserlingophyllum keyserlingophyloides* 凯苏林状凯苏林珊瑚等。

(2) 下统高骊山组　灰白、灰黄、灰绿、紫红色砂岩、粉砂岩及页岩的互层夹薄层煤和泥灰岩透镜体，厚7～97米。产植物化石 *Sublepidodendron mirable* 奇异亚鳞木，*Eolepidodendron wusihense* 无锡始鳞木，*Lepidodendron gaolishaense* 高骊山鳞木等。

(3) 下统和州组　灰黄、深灰色含泥质灰岩夹白云岩，厚5～18米。产生物化石 *Yuanophyllum kansuense* 甘肃袁氏珊瑚，*Lithostrotion irregulare* 不规则石柱珊瑚，*Gigantoproductus giganteus* 巨型大长身贝，*Eostaffella hohsienica* 和县始史塔夫䗴以及有孔虫、苔藓虫等。

(4) 下统老虎洞组　肉红、浅灰色块状白云岩，含燧石团块及角砾，厚10米左右。产珊瑚化石 *Lityostrotion asiaticum* 亚洲石柱珊瑚，*L. mccoyanum* 墨卡氏石柱珊瑚，*Arachnolasma equiseptatum* 隔壁似棚珊瑚等。

(5) 中统黄龙组　灰白、灰褐、肉红色厚层石灰岩、生物碎屑灰岩，厚90米左右。与上覆船山组和下伏老虎洞组均为假整合接触。产丰富的生物化石，主要有 *Profusulinella parva* 小原小纺锤䗴，*P. simplex* 简单原小纺锤䗴，*Fusulina cylimdrica* 筒形纺锤䗴，

*Lityostrotionella crassa* 原小石柱状珊瑚以及大量腕足类和有孔虫等。

(6) 上统船山组　灰、深灰色中厚—厚层石灰岩，含大量球状结核，厚 40～50 米。产丰富的生物化石，主要有 *Triticites parvulus* 小麦䗴，*Schwagerina vulgaris* 平常希瓦格䗴，*Quasifusilina longissima* 长似纺锤䗴，*Chuanshanophyllum typicum* 典型船山珊瑚，*Parawentzellophyllum dantuense* 丹徒付文采尔珊瑚等。

7.上古生界二叠系

广泛分布于宁镇山脉、茅山山脉以及宜溧山区和苏锡等地。自下而上分为二统五组：下统栖霞组、孤峰组、堰桥组；上统龙潭组、大隆组（长兴组）。总厚度约 1000 余米。

(1) 下统栖霞组　栖霞组岩性可分五部分，顶部为灰黑、灰白色燧石岩、硅质页岩夹薄层石灰岩、硅质白云岩；上部灰、深灰色厚层石灰岩；中部灰黑色硅质页岩、燧石岩；下部灰黑色厚层沥青质灰岩；底部灰黑、灰白色钙质页岩、细砂岩，局部夹煤。厚约 170 米。与下伏地层船山组为假整合接触。产丰富的生物化石，主要有 *Parafusulina mutiseptata* 多隔壁拟纺锤䗴，*Miselina claudiae* 喀劳得氏米斯䗴，*Hayasakaia elegantula* 雅致早板珊瑚，*Marginifera typica* 标准围脊贝以及有孔虫、介形虫和腹足类等。

(2) 下统孤峰组　灰黑色硅质页岩、燧石岩夹浅灰、土黄、灰黑色泥质灰岩、钙质页岩和锰土层，厚 10～46 米。产生物化石 *Paragastrioceras ellipsoidela* 椭圆拟腹菊石，*Altudoceras* cf. *altudense* 阿尔图阿尔图菊石相似种，*Paraceltites* sp.副色尔特菊石未定种以及腕足类、珊瑚和瓣鳃类等。

(3) 下统堰桥组　浅灰、深灰、灰黑色粉砂质泥岩、细粒石英砂岩夹薄层泥岩和砂质灰岩，厚 56～300 米。产䗴科化石 *Neomisellina compacta* 紧卷新米斯䗴，*N.lepida* 精致新米斯䗴，*Polydiexodina chekiangensis* 浙江复通道䗴以及头足类、腕足类和植物等。

(4) 上统龙潭组　灰、深灰、灰黑色页岩、粉砂岩、粉砂质泥岩夹土黄、灰色长石石英砂岩和煤，厚 45～230 米。与上覆大隆组和下伏堰桥组均为整合接触。产丰富的生物化石，主要有 *Gigantopteris nicotianafolia* 烟叶大羽羊齿，*Lobatannularia multifolia* 多叶瓣轮叶，*Dictyoclostus gratiosus* 优美网格长身贝，*Tyloplecta yangtzeensis* 扬子疣褶贝等。

(5) 上统大隆组／长兴组　区内大隆组主要见于江阴—宜兴一线以西，而长兴组则出露于此线以东，两者为同期异相沉积。大隆组岩性为灰黑色硅质页岩、燧石岩夹黄绿、灰黄色泥岩、泥质粉砂岩，厚 3.2～32 米。产化石 *Pseudotirolites mapingensis* 马平假提罗菊石，*Pseudogastrioceras liui* 刘氏假腹菊石，*Pleuronodoceras* sp.肋疣菊石未定种以及腕足类等。长兴组岩性为灰、灰白、深灰色生物灰岩，下部含较多白云岩、白云质灰岩，厚度大于 86 米。产丰富的生物化石，主要有 *Palaeofusulina* aff. *fusiformis*䗴状古纺锤䗴亲近种，*Gallowainella* aff. *meitienensis* 梅田加罗威䗴亲近种，*Waagenophyllum indicum subsp. kueichowense* 印度卫根珊瑚贵州亚种，*W. sonshanensis* 嵩山卫根珊瑚等。

8.中生界三叠系

区内三叠系发育齐全，主要出露于宁镇、茅山、宜溧等地，在苏锡一带也有零星分布。自下而上分下统下青龙组、上青龙组；中统周冲村组、黄马青组；上统范家塘组。总厚度大于 1864 米。

(1) 下统下青龙组　上部浅灰、灰色薄—中厚层石灰岩，泥质灰岩夹钙质泥岩，下部黄绿、土黄、灰色钙质泥岩与薄层泥质灰岩互层，厚 176～365 米。与下伏二叠系呈假整合或整合接触。产生物化石 *Ophicera sinense* 中华蛇菊石，*Flemingite* sp.佛莱明菊石未定种，

*Gyronites* sp.环齿菊石未定种，*Claraia stachei* 斯氏克氏蛤，*C.wangi* 王氏克氏蛤等。

(2) 下统上青龙组　灰、灰紫色薄—中厚层石灰岩、疣状灰岩、蠕虫状灰岩夹黄绿、灰黄色钙质页岩，厚度大于 300 米。产生物化石 *Columbites contractus* 收缩哥伦布菊石，*Tirolites jiangsuensis* 江苏提罗菊石，*Posidonia altior* 高海浪蛤等。

从三叠世中期起，本区海水逐渐萎缩，水体变咸变浅，沉积范围明显缩小。起初沉积了海陆交互杂色碎屑岩，最后脱离海域，进入内陆河湖盆地沉积历史。中三叠统以上地层，已在中、新生代陆相地层中叙述，在此不再赘述。

**三、苏南隆起区构造划分及句容坳陷的基本构造轮廓**

*1.苏南隆起区构造区划*

苏南隆起区为扬子准地台的一部分，从震旦纪到第三纪，其中分布着大面积海相碳酸盐岩地层，包括南通、上海市在内，面积 40670 平方公里。按以往资料，自东而西可划分为上海隆起、吴江坳陷，南通—无锡低隆起，常州坳陷，茅山推覆体，句容坳陷和宁镇隆起 7 个构造单元，俗称“三坳四隆”（图 2-11-2）。

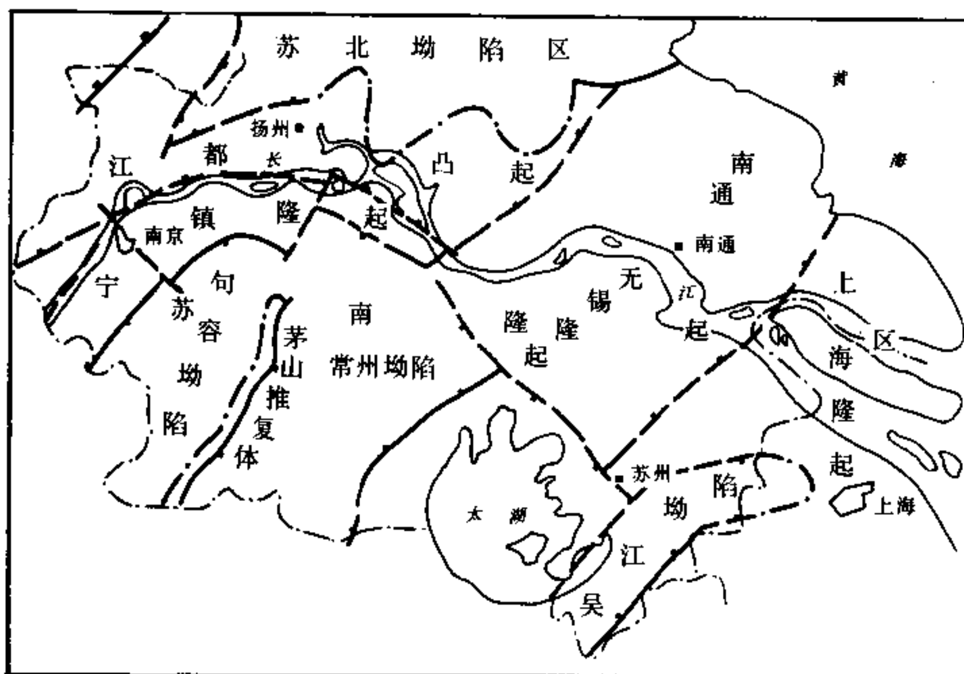



图 2-11-2　苏南隆起区构造区划图

(1) 上海隆起　主要位于上海市，江苏境内仅 2400 平方公里。该隆起基本上缺失上古生界和中、新生界，第四系覆盖在奥陶至震旦系以至变质岩之上。

(2) 吴江坳陷　面积 2700 平方公里，中生界发育，推断它的下面有古生代地层，靠北部叠置着一个面积为 450 平方公里的新生界小盆地。

(3) 南通—无锡低隆起，面积 16100 平方公里，受江南古陆影响，自西南向东北方向倾没。除北部外，大部分地区三叠系至泥盆系出露地面，中生界、上古生界遭受不同程度剥失。靠西南部，褶皱较强烈。逆冲、逆掩断层较发育，宜兴、太湖地区还发育有推覆体构造。北部中、古生界保存较齐全，褶皱较平缓，多处见有长轴背斜分布。

(4) 常州坳陷、茅山推覆体、句容坳陷　面积 9100 平方公里，中古生界保存比较齐

全。其东部茅山以东，还分布着3个总面积近1500平方公里的新生界断陷盆地。

(5) 宁镇隆起　面积2800平方公里，为一弧形大复背斜，褶皱紧密，三、四排背斜、向斜几乎是平行相间排列。背斜部位三叠纪至震旦纪不同时代的地层出露地面，中、古生界遭受不同程度剥蚀。而向斜部位则保留相对较新的地层。

该区的地质发展史大体可分为两个阶段，即：震旦纪—中三叠世以升降运动为主阶段，和晚三叠世以来的褶皱断裂活动阶段。该区在前震旦纪雪峰运动的基础上发育了一套以海相碳酸盐岩为主的地层，总厚达4300米，基本上为一套连续沉积。中三叠世末印支运动使该区普遍上降为陆，结束了中、古生代的海侵历史，印支运动后沉积了象山组。燕山一幕运动使全区早、中侏罗世以前及中、古生代海相地层发生强烈褶皱并伴随岩浆活动和断裂运动而成为全区最主要的构造运动，从此进入陆相断陷盆地发育阶段，句容坳陷也开始形成，并广泛接受上侏罗统、白垩统沉积，燕山运动晚幕使坳陷整体上升未接受第三系沉积，从此构造发育进入衰亡期。

*2.句容坳陷在印支运动末的构造基本形态*

(1) 石灰岩顶面起伏形态　句容坳陷石灰岩顶面的起伏形态反映了侏罗系（局部地区可能是三叠系黄马青组）沉积前的地形，根据以往的重力资料进行计算，得出了句容坳陷石灰岩顶面埋深图（图2−11−3），根据该图所反映的石灰岩起伏形态，可划分为4个隆起带，3个凹陷带和1个断阶挠曲带。

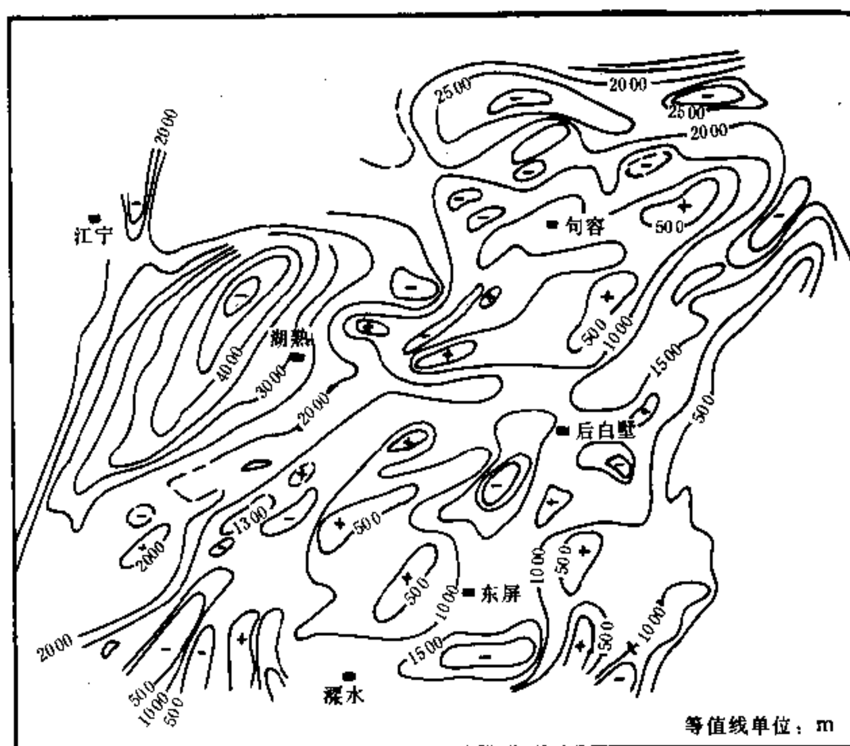



图2−11−3　句容地区石灰岩顶面埋深图

1) 句容隆起带：位于句容县附近，走向近北东，石灰岩顶面埋深500～1500米，由3个不同幅度的高点组成。主要高点在句容县，其最高点埋深小于500米，闭合面积约6平方公里，东、南两高点埋深1400米左右，闭合面积约3平方公里。北部下蒴村高点埋深为1500米，闭合面积约6平方公里。

2) 二圣桥隆起带：位于句容隆起带以南二圣桥地区，走向北东，石灰岩顶面埋深为500～1250米，该带总长约39公里，由4个高点组成。行香高点埋深为500米左右，闭合面积约10平方公里，该高点东约2～3公里处有一高点，可能有火成岩侵入。三岔高点埋深为750米，闭合面积约3平方公里左右，在其西南约1公里左右处可能有火成岩侵入。大湖南高点埋深为1250米，闭合面积约为2平方公里。

3) 葛村隆起带：位于葛村西南，走向为北东，石灰岩顶面埋深为500～1000米左右，由4个平行排列的高点组成，最北边的金山高点埋深约1000米，闭合面积约2.5平方公里。其它3个高点均为一条1000米等深线所包围，高点埋深一般在500～750米，闭合面积均在20平方公里左右。值得指出的是，以往人们把这一隆起带划入溧水凸起（属宁镇隆起），但从石灰岩的起伏形态、埋深以及走向等因素看，均与上述两隆起带相似，同时，从葛村附近的句1井所钻穿层位分析，白垩系仍有600米之厚，与二圣桥附近的句3井所钻穿地层相似。因此，我们将它划入句容坳陷。

4) 天王寺隆起带：位于坳陷东南部的天王寺地区，走向近南北，石灰岩埋深为500～1000米，由3个高点组成。北部的濠塘高点埋深约1000米，走向北东，圈闭面积约3平方公里；天王寺高点埋深500米，走向南北，圈闭面积约8平方公里；南部的林业高点埋深约500米，走向南北，该高点地面大片出露上白垩统。后白墅属于本隆起带北端的一个鼻状高点，石灰岩埋深约1250米左右。

该隆起带与地震资料差异较大，在该处表现为凹陷，根据速度谱资料计算结果，发现在$T_g^上$反射层以上有一连续厚度为1700米左右的高速层，经密度计算后，认为该处重力高是由局部高密度岩性引起的，而利用重力资料计算的石灰岩埋深无疑是这一高速层（高密度）的上界面。

根据以上资料，对该区进行了岩性校正，并重新计算了石灰岩埋深，结果表现为一个凹陷。该凹陷走向近南北，形似椭圆，最大埋深3500米左右，在该凹陷的北侧有一隆起，面积约12平方公里，高点埋深小于1000米，它与地震$T_g^上$反射层后白墅构造基本吻合（图2-11-4）。

5) 春城凹陷：位于茅山断褶带和二圣桥隆起带之间，北东走向，长约30公里，宽4公里，一般埋深在2000米左右，从北向南伸入，南端由于天王寺隆起的干扰，被分割成东西两个小凹槽，东边的珠庄小凹槽，石灰岩埋藏最深达2250米左右，面积约20平方公里。

6) 湖熟凹陷：位于江宁断裂以东，句容、二圣桥隆起带及柘塘镇断阶挠曲带以西广大地区，面积约300多平方公里。走向北东，石灰岩最大埋深在4750米左右，一般深度在3500～4000米。是本区石灰岩埋藏最深、面积最大的一个凹陷。

7) 大卓庙凹陷：位于宁镇山脉以南，句容隆起带以北，东西走向，分东、西两个凹地，石灰岩埋深分别为2750米及3000米。该凹槽带总长约28公里，宽5公里左右，凹陷向东延伸形态尚不清。

8) 柘塘镇断阶挠曲带：位于葛村隆起带与湖熟凹陷之间，走向北东，是二圣桥隆起带及葛村隆起带以西以三个台阶向湖熟凹陷过渡。第一台阶石灰岩埋深一般在1500米左右，第二台阶石灰岩埋深一般在2000米以上。该带多表现为一些幅度不大的小挠曲，这些挠曲一般表现为石灰岩埋深线密集带。

(2) 现今构造圈闭类型　根据现有的资料，句容坳陷现今构造圈闭可分为以下四种类型。

1）不整合面地层圈闭。这是该区较为重要的一个圈闭类型。由于中、古生界海相地层在印支—燕山期遭受侵蚀，与后期沉积的地层呈不整合接触，侵蚀面附近的碳酸盐岩往往受大气水淋滤溶蚀作用，形成喀斯特溶洞或构造溶蚀缝隙。因此，淋滤带可成为较好的储集体，如句12井在侵蚀面附近的岩芯中有类似情况。而且，句12井在侏罗系与三叠系青龙灰岩的不整合面上，青龙灰岩山丘油气显示活跃，钻至侵蚀面以下的青龙灰岩时，两天内随泥浆流出原油2.7吨。由此可见，这种圈闭类型在本区是比较重要的。

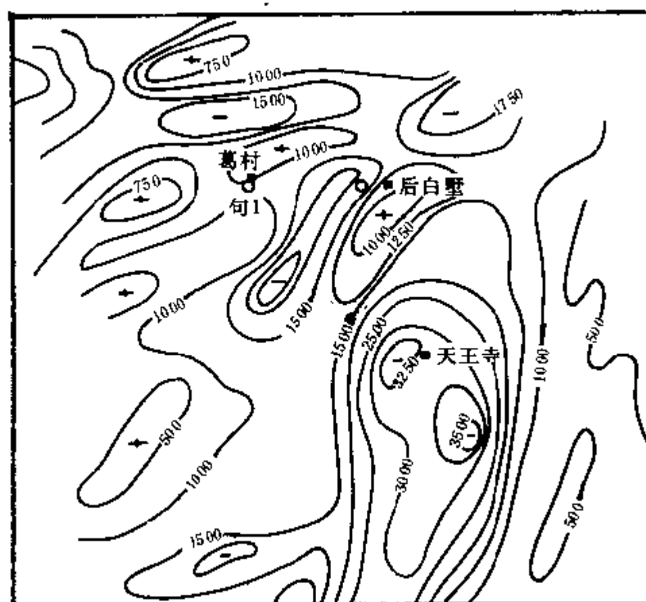



图2-11-4 天王寺石灰岩顶面埋深图

（等深线单位：米）

2）逆断层上的牵引背斜构造圈闭。由于该区受印支—燕山早期活动强烈影响，多数断层形成较早。因此，逆断层上的牵引背斜构造往往与古生界的上隆有着密切继承关系。如处于句容逆掩断层带上的容3、容4井附近，其中，古生界则为一牵引背斜。这类构造由于形成早，有利于油气的富集，如容3、容4井在钻进过程中油气显示活跃，容3井在三叠系青龙灰岩中（569.73～650.31米井段），试获日产2.7吨的工业油流。牵引背斜顶部构造裂缝比较发育，尤其是碳酸盐岩脆性岩石组成的地层，构造裂缝形成了储集体，如油气运移，配置条件良好则可能形成油藏。

3）逆断层或正断层形成的遮挡式圈闭。该区断裂较为发育，特别是压剪性断裂（如逆断层，逆掩断层），裂隙和破碎带更为发育，若断层两侧界岩条件良好，易形成良好的储集层。如句11井在穿过13米厚的紫红色泥质胶结的断层角砾岩层段后，见到逆断层下盘的中石炭统黄龙灰岩裂隙含油，钻进过程中有油花随泥浆返出，油花直径达5毫米。这是在本区进行石油勘探应予以重视的圈闭类型。

4）陆相中生界地层的断块构造圈闭。陆相中生界是一套砂、泥岩频繁交互的地层，在该区分布较为广泛，凹陷处尤为发育。46口石油探井中有28口井见油气显示，占61%。容2井在204.4～215.0米井段2层3.6米的葛村组砂岩中试获1.4立方米原油。句12井自井深88.2～457.1米井段的白垩系砂岩中见到41处含油显示，最高显示级别达油浸，反映了油气显示的活跃。这与中生代的断裂活动密切相关。它对油气聚集具有一定的控制作用，因此，

中生界浅层油气藏的勘探应注意中生界断块圈闭。

5）句容构造下青龙组石灰岩油藏。句容构造是在句容古隆起的构造背景上发育起来的，为一轴向北东被断层复杂化的背斜构造，长8公里，宽2公里（图2-11-5）。

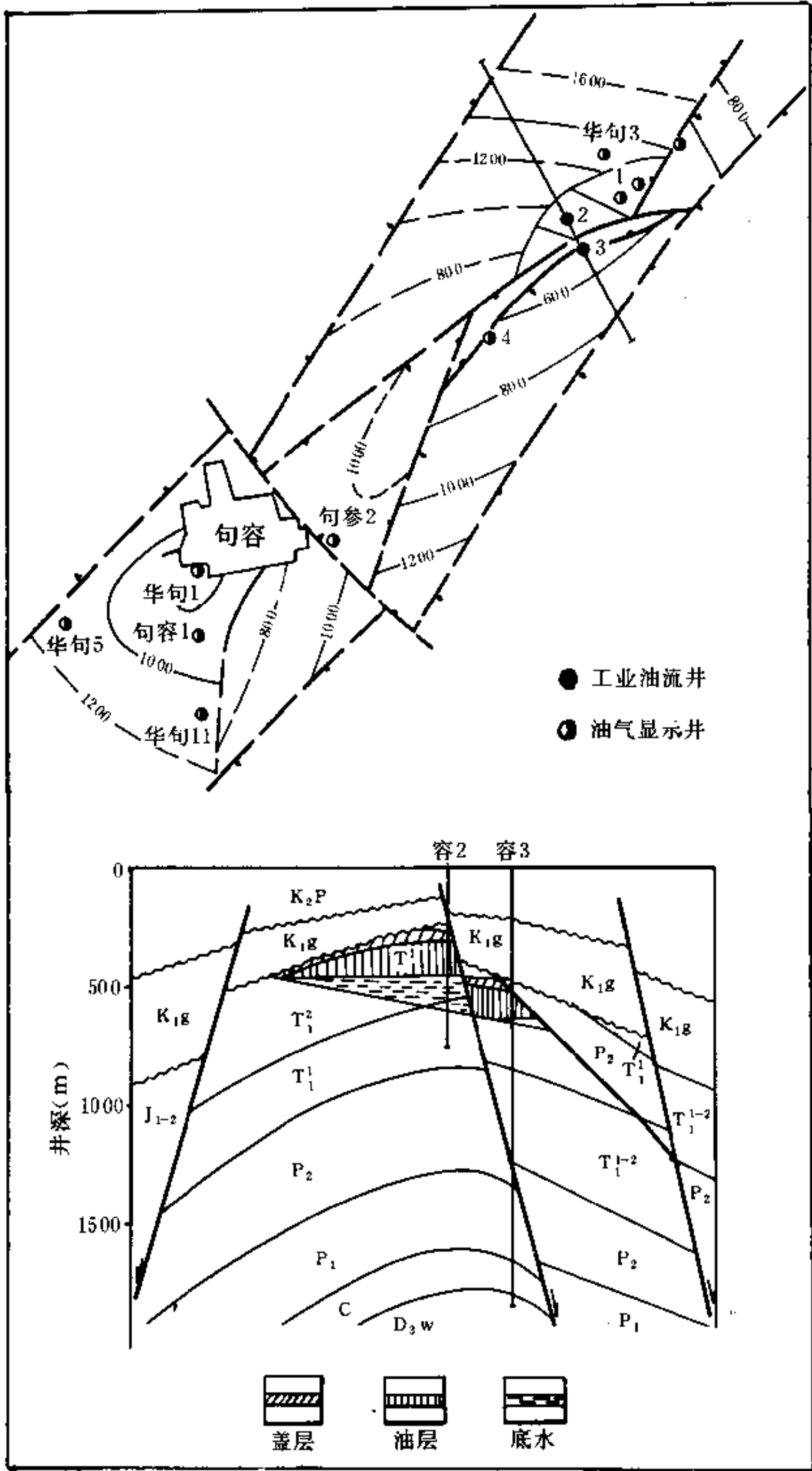



图2-11-5　句容构造及油藏剖面图

该构造自1959年以来，先后由5个单位共钻探22口井，其中下油层套管有5口井（东风4、南V-1、句参1、容1、容2井）。其中容2井于下青龙组石灰岩中获得了工业油流。其油藏类型属构造裂隙油藏。

**四、句容坳陷生油条件分析**

句容坳陷是一个晚侏罗世至白垩纪的燕山期断陷盆地，无下第三系沉积，地表除零星出露上侏罗统、白垩系和上第三系火山岩外，均被第四系覆盖。该坳陷发育了从古生代到中生代多层系的碳酸盐岩及泥质岩地层，总厚达4300米以上，其中碎屑岩厚2000米，碳酸盐岩厚2300米以上，除二叠系龙潭组属海陆过渡相煤系沉积，石炭系高骊山组为滨岸沼泽—泻湖相，泥盆系为陆相沉积外，均属海相沉积；这套巨厚的沉积岩，是油气生成的物质基础。

*1.有机质丰度*

(1) 有机碳　从目前的研究成果看，本区碳酸盐岩中的有机碳含量普遍比泥质岩低。本坳陷地层剖面中有机碳的分布与变化见表2-11-1。

由表可见，不同时代地层中的有机碳含量是有变化的，如碳酸盐岩的有机碳含量范围为0.02～1.96%，平均值为0.10～0.51%；而泥质岩有机碳含量变化范围为0.08～3.77%，平均值为0.30～2.37%，泥质岩的有机碳含量高于碳酸盐岩。

根据句容坳陷海相碳酸盐岩生油岩的有机碳含量，尤其是已获工业油流的三叠系碳酸盐岩油源岩的有机碳含量来划分碳酸盐岩生油岩标准；下青龙组石灰岩有机碳丰度范围为0.04～0.32%，平均0.14%，大于0.06%，将此定为本区碳酸盐岩生油岩有机质丰度的下限值。

据格曼统计资料表明：碳酸盐岩有机质的成岩损失，可达原始数量的80%。另外粘土和碳酸盐矿物存在着吸附性能的差异。碳酸盐岩中的有机质较泥质岩中的有机质易于排出，这可能是引起碳酸盐岩有机质丰度低的主要原因，看来原始母质的差异不是成岩过程中有机质损失的主要原因。如容3井631.75～634.75米相同井段采取碳酸盐岩及泥质岩样各一块，进行有机碳分析，结果分别为0.1%及1.58%。两者在相似的地球化学条件下，原始有机质类型应是相似的，但在成岩过程中，由于两种矿物吸附有机质的能力不同，则其有机质含量相差十几倍。

(2) 氯仿沥青"A"及总烃　句容坳陷各层系不同岩类的氯仿沥青"A"及总烃含量统计见表2-11-1，由表可见，从三叠系到石炭系，氯仿沥青"A"的平均含量一般高于200ppm，泥岩高者达1826ppm，石灰岩高者达750ppm。而泥盆系到志留系多为泥质岩，其氯仿沥青"A"平均含量200ppm。总烃含量也有类似的变化，从三叠系到石炭系，其平均含量多高于100ppm,泥岩总烃含量高者达525ppm,石灰岩高者达154ppm,而泥盆系、志留系总烃平均含量209ppm。从烃转化率分析，石灰岩的氯仿沥青"A"／有机碳,总烃／有机碳，总烃／氯仿沥青"A"等比值，均高于泥质岩，也就是石灰岩的烃转化率高于泥质岩。本区泥质岩的烃转化率一般均在3以上，也具备有机质向烃转化的条件。但泥盆系、志留系由于有机质成熟度较高，其氯仿沥青"A"及总烃含量较低，但仍具有生气的潜力。

(3) 热解产烃潜量及降解潜率　本区不同时代岩石的产烃潜量及降解潜率，在泥岩与石灰岩中是有差异的，一般是石灰岩偏低。石灰岩产烃潜量为0.007～0.57千克／吨，平均值低于0.3千克／吨，而泥岩则变化较大，三叠—二叠系的泥岩产烃潜量范围值为0.21～8.03千克／吨，而石炭—志留系的泥岩则为0.01～2.4千克／吨，较前者明显降低，这可能是由于地层埋藏深，时代老，有机质成熟度较高而引起的。而降解潜率则石灰岩与泥岩的差异不

## 表 2-11-1　句容坳陷有机质丰度统计表

| 地层 | | | 岩性 | 有机碳(%) | | | 氯仿沥青"A"(ppm) | | | 总烃(ppm) | | | 氯仿沥青"A"/有机碳 | | | 总烃/有机碳 | | | 总烃/氯仿沥青"A" | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 系 | 组 | 符号 | | 范围值 | 平均值 | 样品数 | 范围值 | 平均值 | 样品数 | 范围值 | 平均值 | 样品数 | 范围值 | 平均值 | 样品数 | 范围值 | 平均值 | 样品数 | 范围值 | 平均值 | 样品数 |
| 下三叠系 | 上青龙 | $T_1^2$ | 石灰岩 | 0.02～0.27 | 0.01 | 22 | 29.0～563.0 | 199.0 | 9 | | 113.0 | 1 | 0.03～0.32 | 0.13 | 8 | | 0.08 | 1 | | 0.63 | 1 |
| | 上青龙 | $T_1^2$ | 泥岩 | 0.08～0.68 | 0.30 | 11 | 50.0～798.0 | 424 | 2 | | 525 | 1 | 0.08～0.12 | 0.10 | 2 | | 0.08 | 1 | | 0.66 | 1 |
| | 下青龙 | $T_1^1$ | 石灰岩 | 0.06～0.32 | 0.14 | 24 | 44～750 | 244 | 22 | 40～317 | 160 | 11 | 0.04～0.56 | 0.24 | 14 | 0.02～0.42 | 0.18 | 7 | 0.46～0.78 | 0.65 | 10 |
| | 下青龙 | $T_1^1$ | 泥岩 | 0.12～2.08 | 0.55 | 33 | 120～1826 | 589 | 23 | 62～1172 | 378 | 13 | 0.02～0.60 | 0.16 | 18 | 0.01～0.20 | 0.08 | 11 | 0.47～0.73 | 0.58 | 13 |
| | 下青龙 | $T_1^1$ | 泥灰岩 | 0.10～0.50 | 0.31 | 5 | 134～1650 | 591 | 6 | 76～1177 | 418 | 3 | 0.07～0.33 | 0.15 | 5 | 0.06～0.24 | 0.13 | 3 | 0.51～0.71 | 0.62 | 3 |
| 二叠系 | 大隆 | $P_2^2$ | 泥岩 | 1.85～1.90 | 1.86 | 3 | 400～400 | 400 | 4 | 138～138 | 138 | 4 | 0.02～0.21 | 0.08 | 4 | 0.02～0.08 | 0.04 | 3 | 0.07～0.72 | 0.03 | 3 |
| | 龙潭 | $P_2^1$ | 泥岩 | 0.42～5.51 | 1.77 | 32 | 113～760 | 385 | 8 | 53～291 | 145 | 4 | 0.02～0.09 | 0.05 | 6 | 0.006～0.03 | 0.01 | 4 | 0.29～0.48 | 0.36 | 4 |
| | 孤峰 | $P_1^2$ | 泥岩 | 1.04～3.74 | 1.71 | 8 | 180～300 | 240 | 2 | | 121 | 1 | 0.02～1.32 | 0.67 | 2 | | 0.006 | 1 | | 0.4 | 1 |
| | 栖霞 | $P_1^1$ | 石灰岩 | 0.13～1.96 | 0.51 | 8 | 61～590 | 256 | 7 | 34～373 | 143 | 4 | 0.04～0.24 | 0.1 | 5 | 0.01～0.15 | 0.07 | 3 | 0.33～0.63 | 0.49 | 4 |
| | 栖霞 | $P_1^1$ | 泥岩 | | 1.37 | 1 | | 60 | 1 | | | | | 0.004 | 1 | | | | | | |
| 石炭系 | 中上统 | $C_{2-3}$ | 石灰岩 | 0.04～0.16 | 0.10 | 5 | 188～321 | 255 | 2 | 97～170 | 134 | 2 | 0.47～0.64 | 0.56 | 2 | 0.24～0.34 | 0.29 | 2 | 0.52～0.53 | 0.53 | 2 |
| | 高骊山 | $C_1^2$ | 泥岩 | 1.28～1.37 | 1.33 | 2 | | 263 | 1 | | 142 | 1 | | 0.02 | 1 | | 0.01 | 1 | | 0.54 | 1 |
| | 金陵 | $C_1^1$ | 石灰岩 | 0.04～0.18 | 1.33 | 3 | | 110 | 1 | | 68 | 1 | | 0.28 | 1 | | 0.17 | 1 | | 0.62 | 1 |
| 泥盆系 | 五通 | $D_3$ | 泥岩 | 1.31～3.73 | 2.37 | 3 | | 179 | 1 | | 87 | 1 | | 0.01 | 1 | | 0.006 | 1 | | 0.37 | 1 |
| | 茅山 | $D_{1-2}$ | 泥岩 | 0.03～3.34 | 1.85 | 3 | 23～548 | 286 | 2 | | 329 | 1 | 0.02～0.08 | 0.05 | 2 | | 0.9 | 1 | | | |
| 志留系 | 坟头 | $S_{2-3}$ | 泥岩 | 0.09～3.77 | 1.46 | 11 | | 41 | 1 | | | | | 0.04 | 1 | | | | | | |
| | 高家边 | $S_1$ | 泥岩 | 0.13～1.11 | 0.25 | 18 | 11～295 | 109 | 4 | | 115 | 1 | 0.01～0.08 | 0.05 | 3 | | 2.6 | 1 | | | |

太明显，三叠系—二叠系石灰岩的降解潜率范围值为1.9～12.9%，而泥质岩为1.5～21.5%，石炭—志留系石灰岩的降解潜率为1.9～7.5%，而泥质岩为0.4～8.7%，该值均较二、三叠系低。

*2.有机质的性质及类型*

本区多属海相沉积，但由于地壳活动频繁，海相、海陆过渡或交互相、陆相沉积等交替出现，本区的有机质性质及类型特点，是与沉积环境密切相关的。通过各种方法，对有机质类型进行如下分析:

(1) 干酪根镜下鉴定　在显微镜下对干酪根做形态描述和分类，可以划分母质类型及评价生油潜力。对本坳陷不同时代岩石中提取的样品进行干酪根镜检划分母质类型，共分析鉴定了29块样品，其中泥质岩为22块，碳酸盐岩为7块，其结果见表2-11-2。从表中可以看到:

1) 碳酸盐岩中抽提的干酪根多属腐泥型，但句普1井711米深处上青龙组灰色石灰岩的干酪根属腐植型，这与上青龙组属封闭陆棚环境，沉积较多陆源物质有关。

2) 泥岩干酪根类型较多样化，不仅有腐泥型混合型，还有腐植型，干酪根的类型主要取决于其沉积环境及有机质的来源。志留系有9块样品，均属海相泥质岩，其干酪根类型属腐泥型。煤系沉积或含煤系发育的地层，如石炭系高骊山组，二叠系龙潭组，其干酪根类型属腐植型。在海水进退频繁环境中沉积的岩石，其干酪根多属混合型。

从表中看出，在本区中、古生界地层剖面上，岩石中分散有机质类型多属腐泥型，混合型及少量腐植型，表示本区不同时代的地层具有生油气潜力。

(2) 元素分析　干酪根C／H和H／C的变化，在成熟度相近似的情况下，直接反映油源岩有机质结构组成的变化，由于腐泥型有机质中类脂组分富含氢，而腐植型有机质中纤维素、木质部分则富含碳，因而较普遍的应用H／C及O／C或C／H进行母质类型划分。

对句容坳陷原油、油砂的氯仿沥青“A”及干酪根元素分析结果，按照H／C大于1.4为腐泥型，小于0.8为腐植型，0.8～1.4为混合型的标准，二叠系龙潭组灰黑色泥岩干酪根属腐植型。三叠系下青龙组H／C与原油及油砂比较接近，其中石灰岩为1.71，高于泥岩的1.61，总的反映有机质类型属Ⅰ类。

按照氯仿沥青“A”C／H比值小于7.5为腐泥型，大于9为腐植型，煤的比值为12～14之间的划分标准，有机质元素C／H比值表明三叠系下青龙组石灰岩、泥灰岩及泥岩均属腐泥型，而二叠系龙潭组泥岩属腐植型。

从本区少量的元素分析资料，反映出母质类型的基本情况，三叠系下青龙组以腐泥型为主。二叠系龙潭组则以腐植型为主。

(3) 干酪根红外光谱　根据干酪根红外光谱确定原始有机质的特征，选择了$2920cm^{-1}$，$1720cm^{-1}$及$1600cm^{-1}$三个吸收峰，应用三角图方法进行分类，并与我国中、新生界代表性生油层的干酪根红外光谱资料比较，本区三叠系下青龙组干酪根属腐泥型和混合型，而二叠系龙潭组及栖霞组为腐植型。

(4) 热解色谱　应用热解色谱法获得的结果，如氢指数（$I_H$）和氧指数（$I_O$）图解法，有机质类型指数（$S_2/S_3$）划分母质类型，在我国中、新生界泥质岩剖面中广泛应用。本区剖面多属中、古生界，部分发育了海相碳酸盐岩沉积，其$S_1$、$S_2$均低，并且，有机质类型指数（$S_2/S_3$）也受影响，一般均低于1，而个别高者，是属成熟度较低的泥质岩。氢指数

一般偏低，只有一块样品大于100毫克$_{烃}$/克$_{有机碳}$以上，而泥质岩含量较低，一般低于50毫克$_{二氧化碳}$/克$_{有机碳}$。

**表2-11-2　句容坳陷干酪根镜检统计表**

| 井　号 | 层　位 | 井　深(m) | 岩　性 | 类　型 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 贵阳地化所 | 部研究院 |
| 句参2井 | $T_1^2$ | 656～676 | 深灰色泥岩 | 腐植型 | 腐植-腐泥型 |
| 句参2井 | $T_1^2$ | 706～743 | 灰色灰质泥岩 | 腐植-腐泥型 | |
| 句普1井① | $T_1^2$ | 711 | 灰色石灰岩 | | 腐植型 |
| 句参1井① | $T_1^1$ | 476～480.5 | 深灰色泥岩 | | 腐泥-腐植型 |
| 句参1井① | $T_1^2$ | 476～480.5 | 深灰色泥灰岩 | 腐泥型 | |
| 容1① | $T_1^2$ | 588.01～593.82 | 深灰色泥岩 | | 腐植-腐泥型 |
| 容3① | $T_1^2$ | 631.75～634.75 | 深灰色泥岩 | | 腐植-腐泥型 |
| 容3① | $T_1^2$ | 631.75～634.75 | 灰色泥岩 | | 腐泥型 |
| 句参1① | $T_1^2$ | 800～803 | 灰色泥岩 | 腐植型 | 腐泥型 |
| 句参2 | $T_1^2$ | 929～935 | 灰黑色泥岩 | 腐植-腐泥型 | 腐植-腐泥型 |
| 句参2 | $T_1^2$ | 1023～1028 | 灰黑色泥岩 | 腐泥-腐植型 | |
| 青5-1 | $P_2^2$ | 681.61～683.11 | 灰色泥岩 | | 腐泥型 |
| 容1① | $P_2^1$ | 763.65～765.92 | 灰黑色泥岩 | | 腐泥-腐植型 |
| 容4① | $P_2^1$ | 1090.95～1092.76 | 灰黑色泥岩 | | 腐泥-腐植型 |
| 句参2 | $P_1^2$ | 1130～1145 | 深灰色泥岩 | 腐植型 | |
| 句参1 | $P_1^2$ | 1198～1202 | 灰黑色泥岩 | 腐植型 | |
| 容3 | $P_1^1$ | 1602.82～1605.28 | 深灰色灰岩 | | 腐植-腐泥型 |
| 句参1① | $C_{2-3}$ | 1349～1372,1402～1417 | 深灰色灰岩 | | 腐泥型 |
| 句参1① | $C_1^2$ | 1542～1550 | 灰黑色灰岩 | 腐植型 | |
| 句参1① | $C_1^1$ | 1565～1608 | 灰色石灰岩 | | 腐泥型 |
| 句参2 | $S_{2-3}$ | 1793～1800 | 灰色石灰岩 | 腐泥型 | |
| 句参2 | $S_{2-3}$ | 1913.69～1915.02 | 深灰色页岩 | 腐泥型 | |
| 句参2 | $S_{2-3}$ | 1975～1984 | 深灰色泥岩 | 腐泥型 | |
| 句参2 | $S_{2-3}$ | 2119～2123 | 深灰色砂质泥岩 | 腐泥型 | |
| 句参2 | $S_{2-3}$ | 2350～2355 | 深灰色砂质泥岩 | 腐泥型 | |
| 句参2 | $S_1$ | 2546～2555 | 深灰色砂质泥岩 | ▽② | |
| 句参2 | $S_1$ | 2605～2610 | 灰、深灰色页岩 | ▽② | |
| 句参2 | $S_1$ | 2795～2800 | 深灰色泥岩 | 腐泥型 | |
| 句参2 | $S_1$ | 2895～2900 | 灰、深灰色泥岩 | 腐泥型 | |

①黄铁矿较多,尚能定出类型.

②黄铁矿太多,不易鉴定.

综上所述，依据元素分析、干酪根镜检等资料，对本区地层剖面中有机质类型进行了划分，同时参考热解、红外光谱、色谱—质谱等资料，认为本区沉积地层剖面中有机质类型以腐泥型、混合型为主，含煤系地层及陆相地层有机质多属腐植型。

*3.有机质的热演化*

许多资料证明，我国南方碳酸盐岩有机质多已进入高成熟或过成熟的成气阶段，而对本区中、古生界有机质成熟度的认识还在探索阶段。现根据本区特点，应用地球化学分析资料，探索碳酸盐岩有机质热演化程度。

(1) 定碳比与油气分布的关系　对本区二叠系龙潭组煤定碳比资料进行分析，句容坳陷中定碳比值由 50～90%不等，在句容构造及坳陷东北方向的小力山东风煤矿一带，定碳比值在 50～60%，三叠系下青龙组及二叠系龙潭组均属低变质带，见有工业油流及油苗等。在江宁县附近定碳比值达 80～90%，属中高变质带，位于该区的苏 32 井钻达泥盆系五通组砂岩时有气涌出井口，取气样分析以甲烷气为主，显示本区有机质演化程度较高。

(2) 热解色谱确定有机质成熟度

1) 石灰岩热解色谱模拟试验

对本区句普 1 井井深 658～660 米的上青龙组（$T_1^2$）石灰岩样品进行模拟实验，该样品有机碳为 0.07%，$R_O$ 值为 0.7%，干酪根最高热解温度为 416℃，编制出热解烃演化曲线及降解率演化曲线。从所作的热解烃演化曲线得出，碳酸盐岩热解烃演化曲线当最高热解温度小于 425℃时属未成熟阶段，该阶段有效碳累计消耗 27.5%可能为生成甲烷气阶段，达 425～475℃时为成油带，475～535℃为天然气加凝析油带，当最高裂解温度大于 535℃时属干气带，干气死亡点相当 625℃，此时裂解烃已为零。降解率（$C_P$／$C_{OT}$）演化曲线表明与热解烃演化曲线有相似的规律性。随着温度的增高，总有机碳中有效碳逐步生成烃。当达到成油带下限，温度为 472℃以后，则总有机碳中有效碳的 55%已生成烃，这时已进入凝析油加湿气带，当温度达 535℃以后进入干气带，剩余有效碳仅占原始含量的 24%，此时生烃能力更减弱，到达 625℃时为干气死亡点，不再具有生烃能力，因而可以预测碳酸盐岩沉积区，在不同的演化阶段，当具备油气保存条件时，是能找到油藏或气藏的。

2) 碳酸盐岩与碎屑岩的烃类演化比较

将碳酸盐岩与碎屑岩热演化曲线对比（见图 2-11-6）。碳酸盐岩生烃速度较慢，在相同的演化程度生烃量少，这是与碎屑岩有差异的。根据句容地区实际资料编制的这两种岩石类型的烃类演化图表明：①随着时代由新变老（下三叠统至志留统）和埋藏深度的增加，演化程度不断增高，两种岩类趋势是一致的。②碎屑岩有机质成熟程度高于碳酸盐岩，其成油门限最高热解温度为 425℃，碳酸盐岩则需要 430℃，而成油下限值最高热解温度碎屑岩为 460℃，碳酸盐岩为 470℃。③上青龙组（$T_1^2$）碎屑岩在井深 660 米进入生油窗，而碳酸盐岩至 680 米才进入生油窗，已见油的下青龙组和龙潭组分属碳酸盐岩与碎屑岩，它们均已进入成油期。而石炭系及其以下地层演化程度较高，但均属于凝析油加天然气带。尚未达到干气带。④从曲线还可以估算出生油窗顶底界：据碎屑岩现埋藏深度为 660～1500 米，生油带宽 490 米；碳酸盐岩现埋藏深度为 680～1190 米，生油带宽 510 米。

从上述碳酸盐岩各演化阶段的最高热解温度高于碎屑岩，预测石油在碳酸盐岩中形成的速度比在泥岩中慢。据计算，在相同地温条件下，碳酸盐岩中油气生成和保存的温度比碎屑岩中高，也就是说，大量生油门限深度在碳酸盐岩中比碎屑岩中深。

(3) 句容参 1、2 井热演化剖面　句参 1、2 井，选了志留系、泥盆系、石炭系、二叠

系、三叠系剖面系统的样品进行热解色谱分析。从剖面上可以看到（图 2–11–7）：

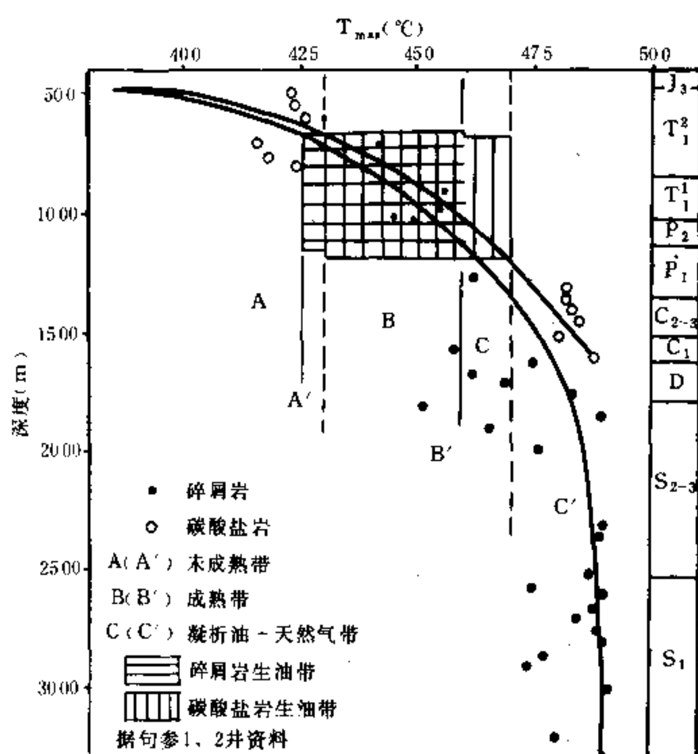



图 2–11–6　碳酸盐岩与碎屑岩的烃类演化

有三个演化阶段，井深 680 米以上最高热解峰温为 430℃，属未成熟—低成熟带，产烃潜量（$S_1+S_2$）平均值为 0.086 千克／吨。当埋深 800 米左右时最高热解峰温大于 430℃，下青龙组石灰岩产烃潜量平均值为 0.1 千克／吨，泥岩平均值为 1.2 千克／吨。当埋深达 1000 米左右时，龙潭组泥岩产烃潜量为 2.3 千克／吨，当深达 1300 米左右时，最高热解峰温达 470℃，为成油带下限，以上为成油带，以下为凝析油加天然气带。在本剖面成油带中，下青龙组获工业油流，龙潭组获油砂，这一事实是本区烃演化的有力佐证。本剖面最深达 3200 米，为志留系，其最高热解峰温仅达 510℃，表明尚未进入干气阶段。剖面中志留系 2236～2239 米坟头组泥岩的产烃潜量平均值为 0.62 千克／吨，应属较好的生气岩。

(4) 干酪根镜质体反射率、自由基浓度的变化　本区三叠系上青龙组石灰岩干酪根的 $R_o$ 值为 0.7%，下青龙组干酪根的 $R_O$ 为 0.7%；二叠系龙潭组煤的 $R_O$ 值为 0.81%，干酪根 $R_O$ 为 0.94%；泥质岩为 0.66%，热变指数（TAI）2.3。石炭系的干酪根 $R_O$ 值为 1.18%。以上资料表明，本坳陷三叠系上青龙组是处于未成熟到成熟阶段，下青龙组、龙潭组处于成油阶段，石炭系处于凝析油及天然气阶段，志留系处于成气阶段。

干酪根镜质体反射率、自由基浓度的变化随埋深的增加，干酪根裂解温度的增高均发生变化；如从下三叠统下青龙组到二叠系龙潭组，埋深从 476 米增至 1090 米，自由基浓度由 $30.01\times10^{18}$N／克增至 $59.39\times10^{18}$N／克，随埋深增加，干酪根受热力作用，大量降解成烃，自由基浓度增加，这是成油阶段的特征。而当埋深增至 1198～3190 米时，自由基浓度明显下降，一般在 $10\times10^{18}$N／克左右，是进入演化程度较高的特征，应属凝析油和天然气阶段。热模拟试验也证实有相似的变化规律。

通过以上煤岩学定碳比、热解色谱、干酪根镜质体反射率等方面的分析，对本区地层剖面有机质热演化，尤其是对碳酸盐岩热演化建立了初步模式，表明本区具有有机质向油气演化的阶段，是寻找油气有利的地区。而三叠系下青龙组是在我国寻找碳酸盐岩油藏的现实地区之一，二叠系是远景层位，以下层系可望找到凝析油和天然气。

## 五、海相原油特征

*1.原油的一般物理化学性质*

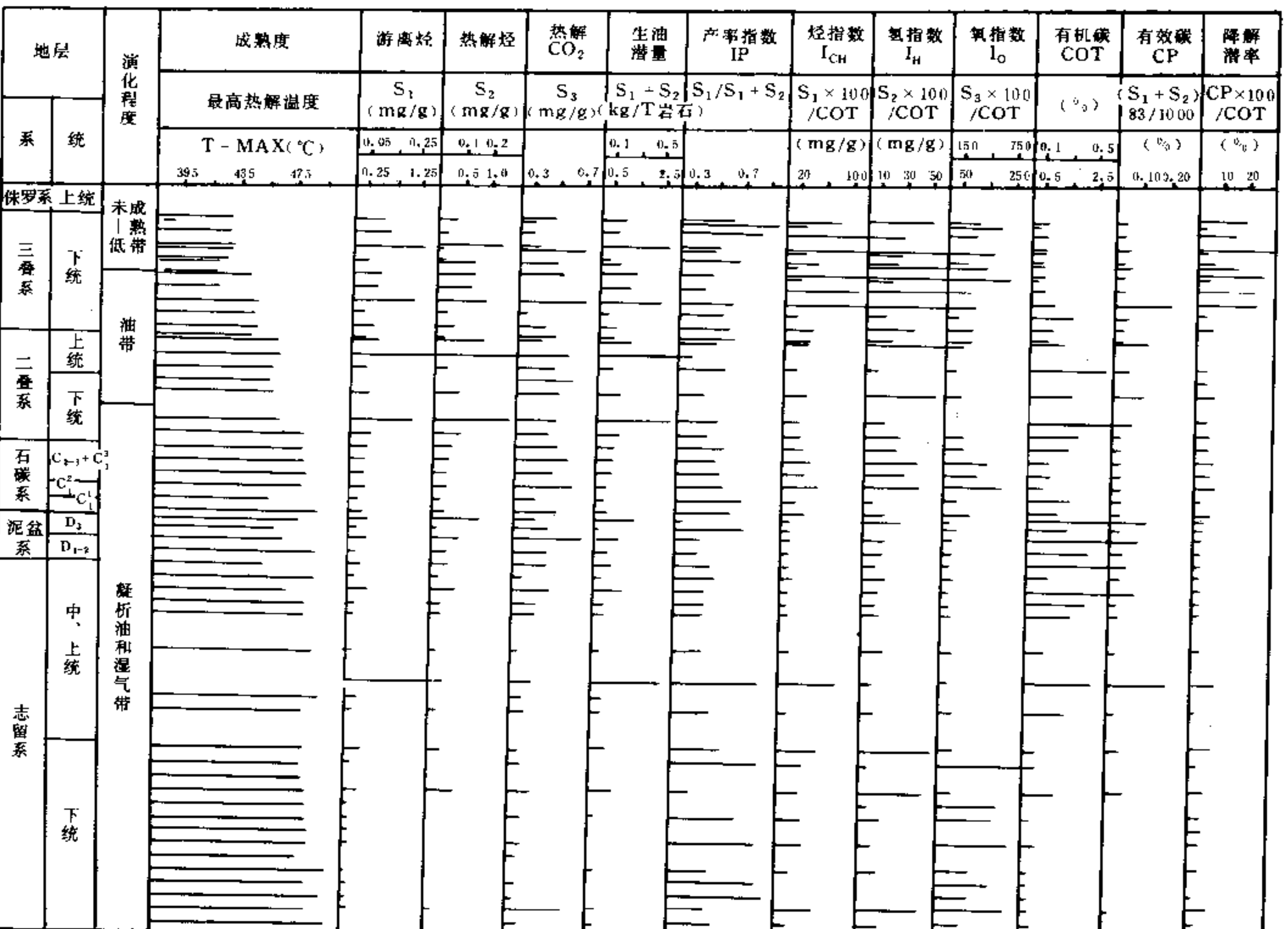



图2-11-7 句容构造岩石热解分析综合图

本区原油的颜色为棕褐、墨绿色，原油相对密度为0.8063～0.8833，由浅至深相对密度逐渐减低。原油含蜡量较低，如容3井原油含蜡量仅3.8%；原油中硫含量为0.37～0.53%；氮含量为365ppm；钒／镍比值均大于1，为1.31～3.93。与苏北油田陆相原油相比，其各项指标均有明显差异（见表2–11–3）。

**表2–11–3　海、陆相原油一般性质对比表**

| 井号 | 井深(m) | 层位 | 颜色 | 相对密度 ($D_4^{20}$) | 粘度(50℃) | | 凝固点(℃) | 含蜡量(%) | 含硫量(%) | 含氮量(ppm) | 钒／镍 | 初馏点(℃) | 馏分% | | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ($mm^2$／s) | (mpa s) | | | | | | | 100℃ | 200℃ | 300℃ | |
| 容2井 | 202～215 | $K_1g$ | 棕褐 | 0.8833 | 1.47 | | <0 | | 0.37 | ／ | 3.93 | 98 | 10.5(150℃) | 22.5 | 55.0 | 海相 |
| 容2井 | 295.45～425.88 | $T_1^1$ | 棕褐 | 0.8722 | 10.50 | 8.90 | <-5 | | 0.53 | ／ | 2.81 | 100 | | 14.5 | 33.5 | |
| 容3井 | 569.73～653.31 | $T_1^1$ | 墨绿 | 0.8063 | | | <-10 | 3.8 | 0.40 | 365 | 1.31 | 72 | 14 | 48 | 74 | |
| 真33井 | 1987～2036.2 | Ef | 棕褐 | 0.9184 | | | | 8.5 | 0.19 | 1780 | <1 | 80 | 2 | 9 | 18 | 陆相 |

句容原油具有较低的含蜡量，中等的含硫量，钒／镍比值大于1；而苏北油田的原油具有较高的含蜡量，较低的含硫量，钒／镍比值小于1。另外，原油不同馏分的百分含量均高于苏北油田第三系原油，据容3井三叠系下青龙组原油的分析，200℃前馏分为48%，300℃前馏分达70%以上，含轻质油率很高，原油性质好。和苏北原油相比，句容原油具有海相原油性质的特点。

*2.原油的族组分及气相色谱*

句容原油和苏北油田真33井原油比较，饱和烃含量较低，为56.2～69.7%；芳香烃含量高，为24.4～26.1%；沥青质含量低。原油饱和烃的烃组成，分别选苏南和苏北两个样品进行比较；容2井海相原油石蜡烃为21.12%，环烷烃为76.24%，异戊二烯烷烃为2.63%，为以环烷基为主的石油；而真33井陆相原油石蜡烃含量为62.03%，环烷烃含量仅为33.37%，异戊二烯烷烃为4.58%，属石蜡基为主的石油。从烃组成上反映出海相和陆相石油的差异。

另外，通过饱和烃气相色谱分析，容2、容3井原油具有较低的主峰碳$C_{12}$～$C_{15}$，轻烃／重烃比即$(C_{21}+C_{22})/(C_{28}+C_{29})$高于陆相原油，姥鲛烷／植烷比值大于1，也高于陆相原油的比值（表2–11–4）。

**表2–11–4　原油气相色谱图特征比较表**

| 井号 | 层位 | 碳数范围 | 主峰碳 | OEP | $\frac{C_{21}+C_{22}}{C_{28}+C_{29}}$ | $\frac{Pr}{Ph}$ | $\frac{Pr}{nC_{17}}$ | $\frac{P_h}{nC_{18}}$ | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 容2 | $T_1^1$ | $C_{11}$～$C_{37}$ | $C_{15}$ | 1.03 | 2.63 | 1.31 | 0.75 | 0.57 | 海相 |
| 容3 | $T_1^1$ | $C_9$～$C_{30}$ | $C_{12}$ | 0.95 | 2.56 | 1.69 | 0.46 | 0.32 | 海相 |
| 真33 | Ef | $C_{15}$～$C_{35}$ | $C_{22}$ | 1.02 | 1.74 | 0.55 | 0.39 | 0.70 | 陆相 |

在碳数分布图上，容 2 与容 3 井的原油色谱碳数分布图基本相似，属不对称的单峰型，$C_{22}$ 以上碳数分布少；而真 33 井 $C_{22}$ 以上碳数分布多，且相对含量较高，二者差异较大（图 2–11–8）。

从芳香烃色谱图特征看，也存在着与陆相原油的不同点，海相原油中普遍存在着单环、双环及多环芳香烃化合物。容 2、容 3 井各组谱峰形态的分布相近，它们均含有萘、菲类芳香烃化合物及少量的荧蒽、芘芳香烃化合物，看来是来自同源或相近似的油源岩。句容海相原油萘类芳香烃化合物的相对丰度高于菲类芳香烃化合物，总萘／总菲比值为 2.64、3.31 及 5.81，比陆相原油中菲类芳香烃化合物相对丰度较高。值得提出的是句容海相原油中没有发现陆相原油中常见的菲类芳香烃化合物。

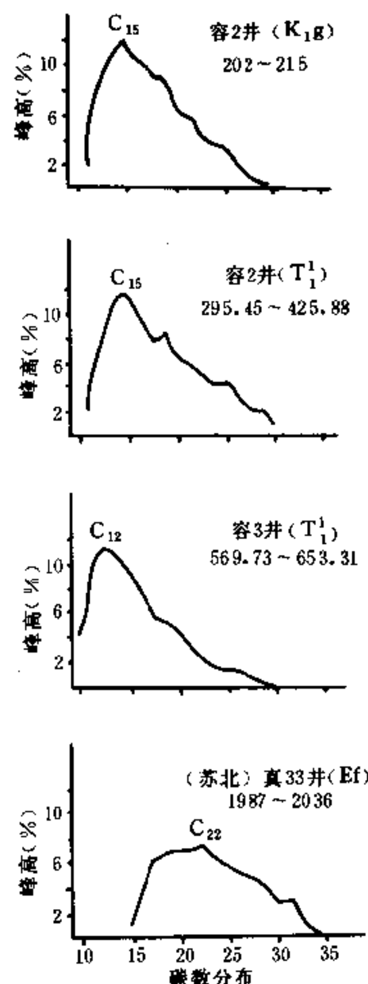



图 2–11–8　海、陆相原油气相色谱对比图

*3.原油的萜烷及甾烷*

通过对句容三个海相原油样品的色谱—质谱分析，获得的特征碎片 m／e191 及 m／e217 质量色谱图，表示萜烷及甾烷同系物及异构体的相对分布具有以下特征：

1）句容原油中三环二萜烷相对强度较高，看来不论海相或陆相原油及岩石抽提有机质中，均可能见有三环二萜类系列化合物。

2）句容原油中没有发现伽马烷，而陆相原油中在 17α（H）、21β（H）—30 升藿烷之后，均见有伽马烷的分布，这表明在海洋沉积环境中，不利于伽马烷的先驱物生存，可做为识别海、陆相的生物标志物。

3）句容原油中孕甾烷相对强度高，看来是与原油的演化程度及生物降解作用有关，演化及生物降解作用使之转化为较稳定的孕甾烷。如埋藏较浅的容 2 井白垩系葛村组及三叠系下青龙组原油中，孕甾烷相对强度高于 $C_{27}$ 胆甾烷，也高于埋藏较深的容 3 井原油中孕甾烷的相对强度，这是经历热演化及生物降解作用的佐证。

4）句容原油成熟度，应用萜烷及甾烷分子参数进行探讨。随着埋藏深度的增加，温度及压力的增高，各种生物标记化合物的构型发生有规律的变化（见表 2–11–5）。

**表 2–11–5　句容原油萜烷、甾烷成熟度参数表**

| 井号 | 井深(m) | 层位 | 萜烷 | | | | 甾烷 | | 饱和烃含量(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $\frac{Tm}{Ts}$ | $\frac{C_{29}+C_{30}}{C_{27}}$ | $\frac{C_{29}}{C_{30}}$ | $\frac{C_{31}}{C_{30}}$ | $\frac{C_{29}S}{C_{29}R}$ | $\frac{重排甾烷}{正常甾烷}$ | |
| 容 2 井 | 202～215 | $K_{1g}$ | 0.68 | 2.96 | 0.66 | 0.41 | 0.60 | 0.22 | 60.4 |
| 容 2 井 | 295.45～425.86 | $T_1^1$ | 0.80 | 2.61 | 0.52 | 0.52 | 0.60 | 0.22 | 56.2 |
| 容 3 井 | 569.73～653.31 | $T_1^1$ | 0.64 | 1.69 | 0.63 | 0.50 | 0.64 | 0.25 | 69.7 |

从表 2—11-5 中比较可见，其各项参数随埋藏深度的增加，均表现出不同程度的深度趋势。容 3 井原油成熟度高于容 2 井原油，故属于中等成熟度。

*4.原油碳同位素*

对本区 5 个油样及 1 个油砂氯仿沥青“A”样品，进行了碳同位素分析，对苏南、苏北第三系陆相原油进行了比较（见表 2−11−6)。

**表 2−11−6　江苏地区原油同位素 $\delta^{13}C$ 值**

| 地区 | 井号 | 井深(m) | 层位 | 样品 | $\delta^{13}C$(‰) PDB | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 苏南 | 容 2 井 | 202～215 | $K_{1g}$ | 原油 | −28.10 | 海相 |
| | 容 2 井 | 295.45～425.88 | $T_1^1$ | 原油 | −28.27 | 海相 |
| | 容 3 井 | 569.73～653.31 | $T_1^1$ | 原油 | −27.18 | 海相 |
| | 容 1 井 | 691.69～693.13 | $P_2^1$ | 油砂沥青“A” | −27.83 | 海陆交互相 |
| 苏北 | 真 33 井 | 1987～2036.2 | Ef | 原油 | −29.30 | 陆相 |
| | 真 49 井 | 1910～2036.4 | Es | 原油 | −29.94 | 陆相 |

从表中可见，句容原油碳同位素 $\delta^{13}C$ 值在−27～−28‰左右，属海相原油范围，而苏北油田第三系原油的碳同位素 $\delta^{13}C$ 值小于−29‰，属陆相原油范围，两者有差异。而句容原油及油砂氯仿沥青“A” $\delta^{13}C$ 值之间，也存在一些差异，表 2−11−6 中容 2 井葛村组及下青龙组原油 $\delta^{13}C$ 值，分别为−28.10‰和−28.27‰，两值相近似；而与容 3 井下青龙组原油的 $\delta^{13}C$ 值（−27.18）有差异。但是容 3 井下青龙组原油与容 1 井龙潭组油砂氯仿沥青“A”的 $\delta^{13}C$ 相近似，分别为−27.18‰及−27.83‰。推测容 3 井下青龙组原油碳同位素值较容 2 井高，可能是由于容 3 井下青龙组与下伏二叠系毗邻，由部分二叠系龙潭组原油混人而造成的。

总之，通过对句容原油进行多项地球化学分析及研究，概括起来有以下几点主要认识：

1）句容坳陷海相原油的地球化学特征，具有含蜡量低、含硫量中等、含氮量低、钒／镍比大于 1 的特点。其烃的组成属环烷基石油，饱和烃色谱主峰碳为 $C_{12}$～$C_{15}$；原油碳同位素 $\delta^{13}C$ 为−27.18～−28.27‰，色谱—质谱分析资料表明，原油萜烷中无伽马烷分布。以上特点与我国陆相原油有明显的差异，具有海相原油的地球化学特征。

2）句容原油饱和烃含量为 56.2～69.7%，芳香烃甲基萘、甲基菲指数及萜烷、甾烷分子参数均表明：句容原油属于低—中等成熟度。

3）句容原油主要产自三叠系下青龙组石灰岩地层中，而原油也来自三叠系下青龙组油源岩，证实了句容背斜海相三叠系下青龙组原油属原生的。

## 第二节　丰、沛、铜地区

### 一、自然地理及勘探简况

丰、沛、铜地区位于江苏省西北部，南邻安徽省，西北与山东省接壤，属徐州市的丰县、沛县和铜山县。

本区大部分属黄泛冲积平原，地面高程一般 26～47 米，东部山丘、岗岭起伏，高程

200米左右，最高峰大洞山海拔361米。境内仅京杭运河可以通航，其余的河流比较短小，大都汇注微山湖。本区年平均温度14℃，一月平均温度-1℃，七月平均温度27℃。年平均降水量800～900毫米，多集中于夏季。耕地中以旱地为主，约占80%，水田占20%。本区南有陇海铁路，东临津浦线，各县、乡间均有公路可通，交通尚称方便。徐州市不仅是我国东部的铁路交通枢纽，也是江苏省煤炭生产基地和重要工业城市。煤矿分布在本区东北部的贾汪、青山泉及东南郊的拾屯、夹河等地，埋深在1000米以内的煤储量有数十亿吨。

本区的地质勘探工作可分为四个阶段：

1）1957年前，多为矿产地质调查，先后有华东煤田地质勘探局、江苏省煤炭工业局、江苏省冶金工业局等单位的地质和物探队伍进行过煤田、铁矿、铝土矿的勘探。

2）1957～1977年，进行了系统的区域地质研究。1957年地质部地球物理勘探局进行了1：100万航空磁测及1：100万地面重力测量，1959年江苏省冶金工业局曾在铜山县、邳县一带进行1：10万电法普查，1960年地质部航测大队在苏皖北部地区进行了1：10万航空磁测及放射性测量，1974年国家计委地质局航测队在本区进行了1：5万航磁测量，1974～1976年江苏省地质局区域地质调查队进行了1：20万徐州区域地质调查工作，并编制出版了地质、矿产报告及1：20万地质图、矿产图。

3）1978～1981年开展了区域油气地质调查。地质部第四物探大队在黄口坳陷作了1：10万的重力面积普查和4×4至4×8公里的六次覆盖地震区域普查，共做地震测线46条长1982公里，在江苏境内约500公里。在这期间，第五和第九地质普查大队在黄口坳陷的河南、山东境内钻了黄1、黄2、黄3三口参数井，编制了黄口工区地震区域普查工作阶段报告及黄口坳陷石油普查阶段报告及有关图件。

4）自1982年起，江苏石油勘探开发公司开始进行丰、沛、铜地区的地震详探，进展情况如表2-11-7。1987年3月31日，在丰县梁寨乡食城村西南2公里处，黄口坳陷李寨低凸起食城构造东高点，以了解新生界—上古生界的地层，岩性；了解石炭—二叠系发育情况和生油（气）地球化学资料；了解食城构造含油气情况和求取各项地质及地球物理参数为目的，完成了一口井深为3945.63米的参数井——丰参1井。

**表2-11-7　丰、沛、铜地区地震勘探工作统计表**

| 年　度 | 地震队数 | 剖面长度(km) | 累加测网密度 | 新发现构造 | | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 个数 | 面积($km^2$) | |
| 1982～1983 | 1 | 121.54 | / | / | / | 试验性生产 |
| 1983～1984 | 2 | 403.0 | 2×4km | 5 | 25.4 | |
| 1984～1985 | 3 | 987.5 | 2×4km<br>1×2 | 8 | 43.3 | |
| 1985～1986 | 1 | 386.9 | / | 4 | 4.3 | |

## 二、地层

本区地层属华北地层区东南部，地层发育较为齐全，区内所钻煤田和水文探井，井深多小于千米，揭示层位不多。现据丰参1井资料，将其钻遇地层分述如下。

*1.第四系*

平原组（Qp）0～114.5米，岩性为土黄色粘土、泥质粉砂与砂质粘土互层，含钙质结核，偶含铁锰质结核，与下伏明化镇组呈假整合接触。

2.上第三系

(1) 明化镇组（$N_m$）114.5～208米，上部为土黄、棕黄色泥岩、粉砂质泥岩，偶夹细砂岩，细砾岩。砾石成分以石英为主，其次为长石，少许燧石岩块。砾径1～5毫米。下部为土黄、棕黄色细砾岩，砂砾岩、含砾砂岩，夹少量砾质泥岩和砂岩。与下伏馆陶组呈整合接触。

(2) 馆陶组（$N_g$） 208～303米。上部为棕黄—浅灰绿色泥岩，砂质泥岩，夹少量细砂岩、细砾岩，底为灰白色细砾岩。砾径一般1～2毫米；下部为灰黄、棕黄色泥岩，夹粉砂质泥岩和泥质粉砂岩，底为灰黄色含砾砂岩。含下列轮藻化石：*Maldlerisp haera* 拟卵形梅球轮藻，*M.Chinensis* 中华梅球轮藻，*Tectochara diluriana* 洪积有盖轮藻。与下伏宋庄组呈不整合接触。

3.下第三系

(1)宋庄组（$E_s$）303～683米。顶部为浅棕、浅灰色泥岩、含膏泥岩、膏质泥岩和粉砂质泥岩。石膏呈团块状和星点状；其下为浅棕色泥岩、砂质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩，夹少量细砂岩和不等粒砂岩；再其下为灰紫色不等粒砂岩、含砾砂岩，砂砾岩，细砾岩夹浅棕色泥岩，砂质泥岩和泥质粉砂岩。砾径一般1～10毫米。本组含下列化石，介形类：*Ilyocypris manasensis confragosa* 节结玛纳斯土星介；轮藻类：*Charites sadleri* 沙德勒似轮藻，*Obtusochara brevicy lindrica* 短柱形钝头轮藻，*O. jiang lingensis* 江陵钝头轮藻；孢粉类：*Quercoidites minutus* 小栎粉，*Q.asper* 粗糙栎粉，*ulmipollenites* 小榆粉，*Pterisisporites fatangularis* 厚角凤尾蕨子孢。与下伏汶口组呈不整合接触。

(2) 汶口组（$E_W$） 688～1061米。岩性为浅棕色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩，中下部夹棕、浅灰色粉砂岩，偶夹含砾砂岩。底部为紫红色砂砾岩，棕红色含砾砂岩夹粉砂质泥岩，砾径一般为1～5毫米，最大达5～10毫米。本组化石中介形类有：*Limnocythere suosancupatricii* 近圣贵湖花介，*Eucypris stagnalis mancels tam* 沼真金星介，轮藻类：*Peckichara subspharica* 五球形培克轮藻，*Harrisichare yunlongensis* 云龙哈氏轮藻，*Stephanochare breviovalis* 短卵形冠轮藻；孢粉类：*Ephedripites apiculatus* 小突麻黄粉，*E. fusiformis* 梭形麻黄粉，*Pinuspollenites labdacus f. minor* 小型双束松粉等。与下伏白垩系下统呈不整合接触。

4.白垩系下统

(1) 第三段（$K_1^3$）1061～1280米。上部为灰、深灰色石英安山岩，橄榄石（伊丁石）玄武岩夹棕色粉砂质泥岩和含砾砂岩；中部为紫灰、紫棕、灰绿色砂砾岩，细砂岩与棕色粉砂质泥岩、泥岩呈不等厚互层；下部为浅紫、紫、灰紫色泥质粉砂岩、夹细砂岩。粉砂质泥岩常含少量石膏，呈星点状，团块状或纤维状。

(2) 第二段（$K_1^2$）1280～1695.5米。岩性为灰，深灰，灰黑色泥岩，粉砂质泥岩与泥质粉砂岩、粉砂岩呈不等厚互层。下部夹少量细砂岩，不等粒砂岩。

(3) 第一段（$K_1^1$）1695.5～2131.0米。为灰、深灰、紫灰色泥岩，粉砂质泥岩与灰色泥质粉砂岩，细砂岩呈不等厚互层。本段水平微细层理及交错层理发育。

本统化石有介形类：*Paracypris aendonensis* 德顿似星介，*Cypridea nodosa* 节结女星介；孢粉类：*Protoconifenus* sp.原始松柏粉（未定种），*Paleoconiferus* sp.古松柏粉（未定

种），*Piceites* sp.拟云杉粉（未定种），*Undulatisporites* sp.波缝孢（未定种），*Osmundacidites* sp.拟紫箕孢（未定种）等。与下伏侏罗系中上统呈整合接触。

5.侏罗系中上统

2131～2466.5 米。上部为浅紫色泥岩，泥质粉砂岩夹少量浅紫色细砂岩，粉砂岩及浅灰、灰色泥岩，粉砂岩；中部为棕紫、紫色泥岩，泥质粉砂岩夹粉砂岩，细砂岩和含砾不等粒砂岩；底部为紫色含砾不等粒砂岩，细砂岩夹粉砂质泥岩，局部见冲刷面及泥砾和斜层理。化石有介形类：*Darwinula datongheensis* 大通河达尔文介，*Darwinula* sp.达尔文介（未定种），孢粉类：*Protoconiferus* sp.原始松柏粉（未定种），*Pseudopicea* sp.假云杉粉（未定种），*Quadraeculina* sp.四字粉（未定种），*Brevilaesuraspora orbiculata* 圆形短缝子孢，*Granulatisporites* sp.粒面三角子孢（未定种）等。与下伏二叠系上统石千峰组呈不整合接触。

6.二叠系上统

（1）石千峰组（$P_2sh$） 2466.5～2857.5 米。共分三段。第三段（$P_2^3sh$），2466.5～2547 米。为紫色泥岩，泥质粉砂岩，粉砂岩，普遍具有条带状构造并含少量石膏，石膏呈星点状分布。第二段（$P_2^2sh$），2547～2717.5 米。暗紫色泥岩、粉砂质泥岩为主，夹粉砂岩、细砂岩。顶部夹一层灰绿色细砂岩，底部夹一层浅灰色不等粒砂岩。第一段（$P_2^1sh$）2717.5～2857.5 米。上部为紫色泥岩、粉砂质泥岩与浅灰色细、中砂岩互层；下部以浅肉红、浅灰绿色中砂岩为主夹紫色泥岩。与下伏上石盒子组呈整合接触。

（2）上石盒子组（$P_2s$） 2857.5～3333 米。上部为紫、杂色泥岩，粉砂质泥岩与浅肉红、灰色中、细砂岩，含砾砂岩呈不等厚互层；中部为深灰、灰黑色泥岩，粉砂质泥岩与浅灰、灰色细、中砂岩，含砾砂岩呈不等厚互层，夹少量煤线；下为灰、深灰、杂色泥岩，粉砂质泥岩与灰、浅灰色粉砂岩，细、中砂岩不等厚互层，底部为浅灰色含砾砂岩。本组产下列孢粉化石：*Alisporites* sp.阿里粉（未定种），*Pityosporites* sp.松型粉（未定种），*Cycadopites* sp.苏铁粉（未定种），*Leiotriletes* sp.三角光面子孢（未定种），*Punctatisporites* sp.圆形光面子孢（未定种），*Granulatisporites* sp.三角粒面子孢（未定种）等。与下伏下石盒子组呈整合接触。

7.二叠系下统

（1）下石盒子组（$P_1x$） 3333～3542 米。顶部为灰白色中砂岩夹杂色泥岩，粉砂质泥岩；上部为灰、深灰色粉砂岩，中砂岩与泥岩，粉砂质泥岩呈不等厚互层，顶为一层煤线；下部为灰、深灰、杂色泥岩，粉砂质泥岩夹浅灰色细砂岩及薄煤三层，偶夹碳质泥岩。煤层单层厚度小于 1 米，底部为浅灰色中砂岩。产下列孢粉化石：*Granulatisporites* sp.三角粒面子孢（未定种），*Cyclongranisporites* sp.圆形粒面子孢（未定种），*Punctatosporites* sp.粒面单缝子孢（未定种）等。与下伏山西组呈整合接触。

（2）山西组（$P_1s$） 3542～3625.5 米。为灰、深灰色泥岩，粉砂质泥岩与深灰色中、细砂岩呈不等厚互层，夹少量薄层碳质泥岩。下部夹煤二层，煤层单层厚度小于 1 米。底部为灰、浅灰色细砂岩，裂隙及波状层理发育。产下列孢粉化石：*Sinulatisporites shanxiensis* 山西曲环子孢，*Sinulatisporites* sp.曲环子孢（未定种），*Stenozontriletes* sp.窄环子孢（未定种），*Florinites* sp.周囊粉（未定种）等。与下伏太原组呈整合接触。

8.石炭系上统

太原组（$C_3t$），3625.5～3725 米。灰、深灰色泥岩与石灰岩呈不等厚互层，中夹有浅灰

色中、细砂岩，薄层碳质泥岩及煤层。其中煤层8层，单层厚度一般小于1米；石灰岩11层，单层厚度一般1～5米，溶洞、裂隙发育。与下伏本溪组呈整合接触。

*9.石炭系中统*

本溪组（$C_2b$），3753～3777米。上部为深灰色泥岩；中部为浅灰、灰白色石灰岩夹灰、深灰、杂色泥岩，中砂岩；下部为杂色泥岩，紫红色含铁质泥岩（即"山西式"铁矿）。与下伏奥陶系中统白土组呈假整合接触。

*10.奥陶系*

(1) 中统白土组（$O_2b$），3777～3831米，浅棕灰、浅灰色白云岩。上部夹石灰岩，白云质灰岩。与下伏马家沟组呈整合接触。

(2) 下统马家沟组（$O_1m$），3831～3945.63米（未见底）。岩性为深灰、灰色石灰岩，夹少量白云质灰岩。产下列牙形刺化石：*Drepanodus arcuatus* 弓形镰刺，*Scandodus brevibsis* 短基斯勘的刺，*Tangshanoudus tangshanensis* 唐山唐山刺，*Scolopodus* cf. *nogomii* 野上类刺比较种，*Histiodella serratus* 锯齿帆刺，*Aurilobodus leptosomatus* 薄体耳叶牙形刺，*Plectodina onychodonta* 爪齿褶牙形刺等。

据丰沛地区煤炭及水文浅井和地面露头资料，将奥陶系以下时代地层简述如下：

*11.寒武系*

以介壳相碳酸盐岩为主。地层发育齐全,各组之间连续沉积,岩性变化不大,产*Megapalaeolenus*大古油节虫等三叶虫化石,总厚900米左右。与下伏震旦系呈假整合接触。

*12.震旦系*

本区见有其中下部新兴组，岠山组，贾园组，赵圩组及倪园组地层。岩性为灰色石灰岩，泥灰岩夹灰黄色页岩及长石石英砂岩，富含叠层石：*Baicalia* sp. *Tungussic* sp.出露厚度大于256米。与下伏泰山群呈不整合接触。

*13.太古界泰山群*

以灰色花岗片麻岩及角闪斜长片麻岩为主。钾氩法测定同位素年龄1928～2640百万年。

**三、区域地质发展史**

本区古生代的沉积史与华北地台的沉积史相同，本卷重点叙述中、新生代构造史。

*1.中生代*

在三叠纪前期继续沉积紫红色的陆相碎屑岩。晚三叠世至早中侏罗世本区缺失沉积。中侏罗世末燕山运动Ⅰ幕发生，使华北地台和扬子准地台的沉积盖层遭受强烈的褶皱、断裂，形成本区由东西向箕状断陷组成的丰县—黄口坳陷。接受了晚侏罗世及早白垩世的杂色沉积。

*2.新生代*

东西向断陷继续发展，形成横贯苏鲁边界长达200公里，宽约70公里的丰县—黄口坳陷，展布在单县—丰县—沛县—枣庄一带，由东西向的隆起、坳陷及规模较大的断裂和褶皱组成。在江苏境内主要的构造单元有黄口坳陷、丰沛隆起和鱼台坳陷。它们在省内的面积依次为1170、760、1010平方公里（图2-11-9）。

**四、构造简况**

丰沛铜地区在区域地质上属于鲁西隆起区的黄口坳陷东部，其北以丰沛断层与丰沛凸起相隔，南超覆于砀山凸起之上，整体呈东西向的带状，坳陷北陡南缓，北深南浅，自西向东

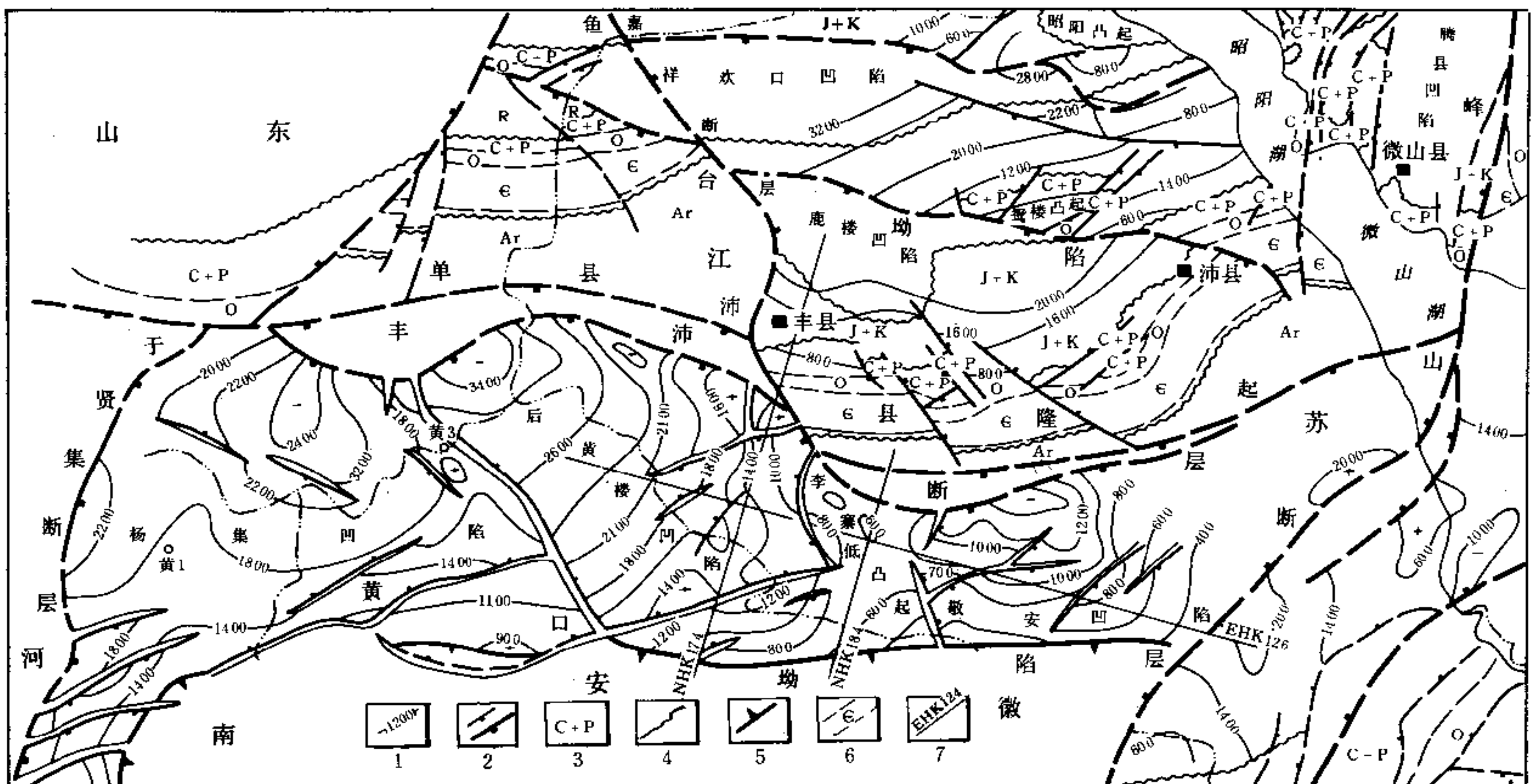



图 2-11-9　丰沛铜地区油气勘探形势图

1—等深线；2—断层；3—地层时代；4—不整合；5—尖灭线；6—地层界线；7—地震测线

依次为后黄楼凹陷、李寨低凸起和敬安凹陷（图 2−11−10）。

丰沛断层控制了黄口坳陷的北界,在航磁、重力、电测深、地震和卫星照片上都有清晰的反映。断层总体走向为北西西向,沿断层呈串珠状分布有中生代以来的小型侵入体及中基性火山喷发岩。断层断距大于 3000～5000 米。断层形成时期可能始于晚侏罗世后期或更早一些,自喜山旋回以来,丰沛断层南侧持续下陷,使中、新生代坳陷的形成与断裂活动同步。

后黄楼凹陷呈北北西向展布，沉降中心在凹陷的西北侧，呈向西倾的单斜层，凹陷内有一系列沿走向延伸不远的北西向小断层，以断面西倾的正断层为主。在凹陷北部依附丰沛断层上，有两个局部构造，西为王沟断鼻，东为赵集断鼻。

李寨低凸起东西两侧各有一个重力低，西部为−21 毫伽的后黄楼重力负异常，东部为−24 毫伽的敬安重力负异常，反映出两个凹陷的轮廓，两个凹陷间的鞍部即为李寨低凸起，向南反映出斜坡面貌．李寨低凸起是一个与基岩潜伏隆起有关的继承性背斜构造，其北部有一轴向为北西西向的背斜圈闭，即食城背斜。

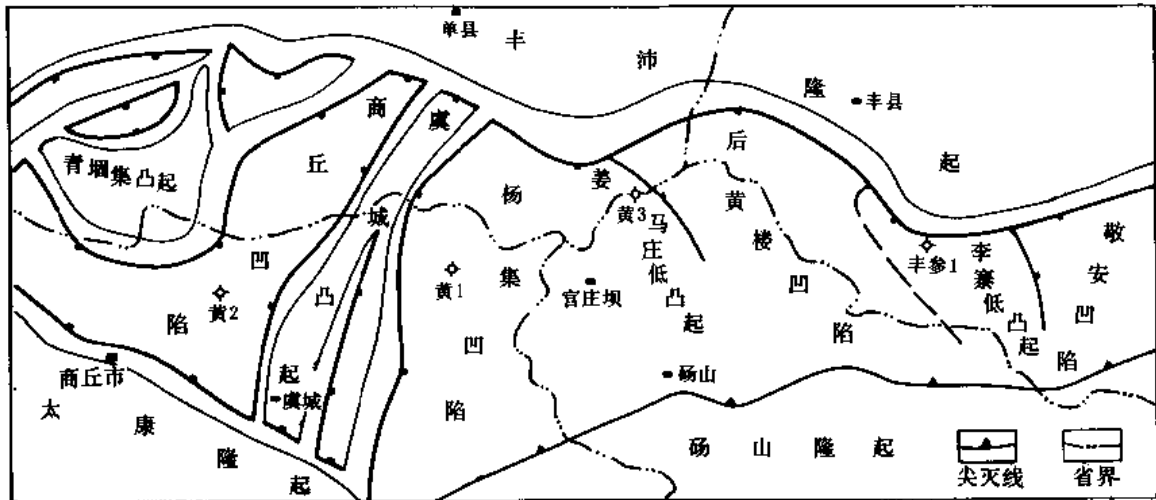



图 2−11−10　黄口坳陷构造区划示意图

敬安凹陷呈一向斜形态向南东方向抬起，下第三系在近丰沛断层处埋深 2200 米。凹陷内已落实的局部构造有千里井断鼻，欧庄断鼻，包楼断鼻，袁寨断鼻和梁寨地层尖灭圈闭。

丰沛地区局部构造不够发育，圈闭一般较小，其中面积大者为食城构造，其 $T_4^0$（相当下第三系底界）面积约 12 平方公里。各局部构造要素详见表 2−11−8。

**五、生油（气）层系的地球化学特征**

丰参 1 井自下第三系宋庄组至奥陶系下统马家沟组较系统地钻取了岩芯，采集了 150 多块岩样并做了有机地球化学分析，通过综合研究结果，发现本区存在新、中、古三套生油（气）层系和可能生油层系。

*1.下第三系宋庄组可能生油层*

黄口坳陷下第三系宋庄组顶部发育一套灰色含膏泥岩，粉砂质泥岩夹硬石膏及少量油页岩。由于后期构造运动的影响，这套沉积在丰沛一带遭受不同程度的剥蚀。丰参 1 井含膏泥岩和粉砂质泥岩仅残留 57 米，其生油地球化学指标如表 2−11−9。从表中数据看来，该井这套暗色沉积的有机碳含量低于生油岩有机碳含量 0.4%的下限。有机质为腐植型，最高热解

## 表 2-11-8　黄口坳陷东部局部构造要素简表

| 构造带 | 构造名称 | 圈闭类型 | 层位 | 圈闭面积 ($km^2$) | 圈闭幅度 (m) | 高点埋深 (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 姜马庄低凸起 | 姜马庄背斜 | 背斜 | $T_2$ | 5.8 | <50 | 800 |
| | | | $T_3^1$ | 4.8 | 100 | 1600 |
| | | | $T_3^3$ | 3.8 | 50 | 2800 |
| | | | $T_4^0$ | 1 | >50 | 2900 |
| | 朱楼背斜 | 背斜 | $T_2^2$ | 5.3 | >100 | 800 |
| | | 断鼻 | $T_3^0$ | 1.8 | 150 | 1750 |
| 后黄楼凹陷 | 王沟断鼻 | 断鼻 | $T_3^0$ | 1.9 | 50 | 1400 |
| | | 断鼻 | $T_3^3$ | 3.3 | 200 | 2600 |
| | | 断块 | $T_4^0$ | 1.5 | 350 | 3150 |
| | 赵集断鼻 | 断鼻 | $T_3^2$ | 1.9 | 150 | 900 |
| | | 断块 | $T_4^0$ | 0.5<br>0.3 | 50<br>100 | 4200<br>3400 |
| 李寨低凸起 | 食城背斜 | 背斜 | $T_3^0$ | 20.8 | 50 | 400 |
| | | | $T_3^3$ | 19.7 | 200 | 650 |
| | | | $T_4^2$ | 12.7 | 200 | 1050 |
| | | 断块 | $T_6^2$ | 6.1 | 250 | 3400 |
| | 腰里王断鼻 | 断鼻 | $T_6^2$ | 6.4 | 50 | 2850 |
| 敬安凹陷 | 千里井断鼻 | 断鼻 | $T_3^0$ | 2.4 | 200 | 750 |
| | | 断鼻 | $T_3^3$ | 2.5 | 200 | 1300 |
| | | 断鼻 | $T_4^2$ | 1.7 | 100 | 1800 |
| | 欧庄断鼻 | 断鼻 | $T_6^2$ | 5.7 | 250 | 2100 |
| | 包楼断鼻 | 断鼻 | $T_3^0$ | 1.5 | 50 | 850 |
| | | 断鼻 | $T_3^3$ | 0.8 | 150 | 2000 |
| | 袁寨断鼻 | 断鼻 | $T_6^2$ | 1.0 | 250 | 1450 |
| | 梁寨地层尖灭圈闭 | 地层 | $T_3^0$ | 4.5 | >50 | 300 |
| | | 地层 | $T_3^3$ | 6.7 | 200 | 300 |
| | | 地层 | $T_3^3$ | 6.7 | 450 | 350 |
| | | 地层 | $T_3^3$ | 6.7 | 150 | 650 |

温度低于腐植型有机质生烃温度 432℃，表明有机质尚处于未成熟阶段。但考虑到本井处于李寨低凸起，自古生代以来均为构造高部位，地层埋深浅，而其西部的一些探井如黄口坳陷黄 1 井，成武凹陷鲁 2 井，其相同层位、相同岩性的地球化学指标均已达到国内生油岩的较好标准，设想这套沉积随着埋深的加大，生油层的厚度，有机质的丰度可能增加，有机质成熟度可能相应提高。按此推断，本区的后黄楼凹陷和敬安凹陷该套沉积的生油条件可望比李寨低凸起有所变好，故将本区宋庄组顶部列为可能生油层。

**表 2-11-9　丰参 1 井各层系暗色泥岩有机碳和热解分析数据表**

| 层位 | | 有机碳(%) | $S_2/S_3$ | $C_P/C_{OT}$ (%) | $I_H$ mg/$g_{COT}$ | $S_1+S_2$ | $T_{Max}$ (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 下第三系 | 宋庄组 | 0.19 | 0.17 | 7.2 | 30 | 0.17 | 366 |
| 白垩系下统第二段 | 上部 | 0.67(8) | 10.6 | 18.8 | 212 | 2.5 | 428 |
| | 中部 | 0.74(10) | 7.6 | 30.8 | 349 | 3.43 | 429 |
| | 下部 | 0.33(4) | 0.5 | 4.2 | 37 | 0.16 | 425 |
| 白垩系下统第一段 | | 0.20(15) | 0.1 | 2.9 | 16.8 | 0.06 | 430 |
| 上石盒子组 | | 0.45(20) | 0.7 | 2.3 | 19 | 0.1 | |
| 下石盒子组 | | 1.06(20) | 1.8 | 4.4 | 41 | 0.4 | |
| 山西组 | | 2.34(7) | 3.2 | 4.3 | 42 | 0.9 | |
| 太原组 | | 1.85(8) | 1.2 | 4.0 | 32 | 0.7 | |
| 本溪组 | | 4.94(1) | 2.0 | 1.5 | 10 | 0.8 | |

*2.白垩系下统第一、二段*

丰参 1 井白垩系下统第一、二段暗色泥岩有机地球化学特征如下:

(1) 有机质丰度　从表 2-11-11 中有机碳含量看，第一段属非生油岩，第二段除下部外，属较好生油岩。

(2) 有机质类型　从表 2-11-9 看，第一段和第二段下部属腐植型，第二段中部属腐植-腐泥型，第二段上部属腐泥-腐植型。从表 2-11-10 看，第二段中部大多数样品的饱／芳＝2，非+沥＜50%，属腐植-腐泥型；第二段上部只有一个样品，虽然其饱／芳＝2，但考虑到非+沥＞50%，似仍应属腐泥-腐植型。但从表 2-11-12 看，第一段属腐植-腐泥型、第二段中部属腐泥型和腐植-腐泥型，第二段上部亦属腐植-腐泥型。

综合分析各项分析鉴定结果，趋向按热解分析的平均值来划分类型，即白垩系下统第一段和第二段下部属腐植型，生油潜力较低；第二段中部属腐植-腐泥型，上部属腐泥-腐植型，生油潜力较高。从这套地层的沉积环境看，白垩系下统第一段和第二段下部属滨湖至浅湖相沉积，第二段中、上部为半深湖至深湖相沉积，这两种环境下的生物也构成了原始母质的差异。

(3) 有机质热演化程度　根据热解分析，白垩系下统第二段产率指数 ($I_p$) 普遍很低，其中上部一般小于 0.06，下部为 0.16～0.33，最高热解温度一般为 424～431℃，地温 56.7～64℃，OEP 为 1.26～2.46，大部分＞2。白垩系下统第一段，由于埋深增加，产率指数由 0.43 逐渐增至 0.80，产率指数曲线的这一拐点井深为 1800 米，相应井深的温度为 69.2℃，

表 2-11-10 丰参 1 井白垩系下统—石炭系上统暗色泥岩族组分分析表

| 层位 | | 井深 (m) | 有机碳 (%) | 非+沥/总烃 | 非+沥 (%) | 饱/芳 | "A"/C (%) | 烃/C (%) | 氯仿沥青"A" (%) | 总烃 (ppm) | 饱和烃 (%) | 芳香烃 (%) | 非烃 (%) | 沥青质 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 白垩系下统第二段 | 上部 | 1326 | 1.15 | 1.5 | 51.2 | 2.1 | 7.3 | 2.4 | 0.0844 | 280 | 22.49 | 10.73 | 44.64 | 6.57 |
| | 中部 | 1388 | 0.53 | 1.4 | 55.7 | 2.3 | 5.5 | 2.1 | 0.0291 | 112 | 26.84 | 11.58 | 45.76 | 9.89 |
| | | 1398 | 0.70 | 1.1 | 47.2 | 2.1 | 6.0 | 2.7 | 0.0421 | 186 | 30.09 | 14.12 | 42.59 | 4.63 |
| | | 1444 | 1.02 | 1.2 | 45.2 | 2.1 | 9.7 | 3.8 | 0.0987 | 384 | 26.4 | 12.53 | 44.97 | 0.22 |
| | | 1535 | 0.58 | 1.3 | 48.0 | 1.7 | 9.1 | 3.4 | 0.0521 | 197 | 23.63 | 14.22 | 43.98 | 3.72 |
| 上石盒子组 | | | 1.46 | 0.69 | 36.27 | 1.74 | 0.87 | 0.45 | 0.0127 | 67 | 33.52 | 19.23 | 22.53 | 13.74 |
| | | | 0.62 | 2.31 | 67.6 | 0.54 | 2.34 | 0.68 | 0.0145 | 42 | 10.21 | 19.01 | 23.94 | 43.66 |
| 下石盒子组 | | | | 1.87 | 65.2 | 0.61 | | | | | 13.24 | 21.57 | 22.55 | 42.65 |
| 石炭系上统 | 太原组 | | 1.55 | 1.04 | 51.05 | 0.75 | 3.92 | 1.92 | 0.0607 | 297 | 20.98 | 27.97 | 17.48 | 33.57 |
| | | | 1.43 | 1.44 | 53.85 | 0.27 | 3.75 | 1.39 | 0.0537 | 200 | 7.98 | 29.34 | 13.11 | 40.74 |
| | | (石灰岩) | 0.47 | 2.86 | 68.16 | 0.77 | 11.5 | 2.72 | 0.0539 | 128 | 10.38 | 13.49 | 17.99 | 50.17 |

且此段中、下部最高热解温度一般为 428～437℃，地温为 78.9～76.3℃，其热演化条件较白垩系下统第二段都好，可惜其暗色泥岩有机质丰度太低。从区域上看，在继承性较好的李寨低凸起两侧的后黄楼凹陷和敬安凹陷，该层系有随着埋深加大，有机质丰度和成熟度增高的可能性，故考虑把白垩系下统第一段定为可能生油层、第二段定为生油层。

**表 2-11-11　白垩系下统第一、二段暗色泥岩有机质丰度**

| 层位 | | 井深 (m) | 厚度 (m) | 有机碳 (%) | 氯仿沥青“A” (%) | 总烃 (ppm) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 白垩系下统第二段 | 上部 | 1280～1382 | 102 | 0.67(8) | 0.0437(2) | 280(1) |
| | 中部 | 1382～1598 | 216 | 0.74(10) | 0.0491(5) | 220(4) |
| | 下部 | 1598～1695.5 | 97.5 | 0.33(4) | | |
| 白垩系下统第一段 | | 1695.5～2131 | 435.5 | 0.20(15) | 0.0025(1) | |

注:表中括号内数据表示样品数.

**表 2-11-12　白垩系下统第一、二段暗色泥岩干酪根镜下显微组分鉴定表**

| 层位 | | | 井深 (m) | 类脂体 (%) | 壳质体 (%) | 镜质体 (%) | 惰质体 (%) | 类型指数 | 类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 白垩系下统 | 第二段 | 上部 | 1304 | 82.67 | 3.33 | 5.67 | 8.33 | 71.76 | $II_1$ |
| | | | 1326 | 73.67 | 19.33 | 1.00 | 6.00 | 76.59 | $II_1$ |
| | | 中部 | 1388 | 80.67 | 12.00 | 1.00 | 6.33 | 76.59 | $II_1$ |
| | | | 1444 | 89.0 | 6.33 | 0.67 | 4.00 | 87.67 | I |
| | | | 1535 | 86.33 | 8.67 | 1.33 | 3.67 | 86.00 | I |
| | 第一段 | | 1990.9 | 68.0 | 2 | 10.67 | 19.33 | 41.67 | $II_1$ |

*3.石炭二叠系*

石炭二叠系中的暗色泥岩、煤层和石灰岩均有一定的厚度。丰参 1 井所揭示的石炭二叠系与邻区比较，其重要含煤层位同为太原组、山西组和下石盒子组（表 2-11-13），这为煤成气的生成提供了较丰富的物质基础。但是，各层系生气母岩的地球化学特征有所差异。

(1) 有机质丰度　据丰参 1 井分析资料，煤的有机碳含量最高，太原组煤$_{20}$（煤层采用徐州矿务局方案进行统一编号，下同）C＝33.3%，煤$_{22}$C＝77.25%，其次是太原组石灰岩，C＝0.47%。暗色泥岩除上石盒子组较低以外，其余各组均达 1.06～4.94%（表 2-11-9）。

(2) 有机质类型　据太原组石灰岩热解分析：$S_2/S_3=0.76$，$C_P/C_{OT}=6.5\%$，$I_H=46mg/g_{COT}$，$S_1+S_2=0.37mg/g$，属腐植型；据其族组分分析（表 2-11-10），饱／芳＝0.77，非+沥＝68.16%，非+沥／总烃＝2.86，也属腐植型；本组的暗色泥岩经烷烃色谱分析，表现为主峰碳数高，一般为 $C_{23}$～$C_{29}$，$(C_{21}+C_{22})/(C_{28}+C_{29})$ 的比值小，一般为 0.97～1.83。姥鲛烷／植烷比值亦很小，一般为 0.22～0.71，表明有机质类型属腐植型；族组分分析中，饱／芳＝0.27～0.75，非+沥＝51.05～67.6%，非+沥／总烃偏低，仅 1.04～2.31，也属腐植型类型。

**表 2-11-13　丰参 1 井及邻区石炭二叠系生气母岩厚度表**

| 层位 | 丰参1井 | | | | 贾汪 | | | | 砀山 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 组厚 (m) | 暗色泥岩厚度 (m) | 煤层厚度 (m) | 石灰岩厚度 (m) | 组厚 (m) | 暗色泥岩厚度 (m) | 煤层厚度 (m) | 石灰岩厚度 (m) | 组厚 (m) | 暗色泥岩厚度 (m) | 煤层厚度 (m) | 石灰岩厚度 (m) |
| 上石盒子组 | 475.5 | 212.5 | | | 552 | 388.6 | 0.5 | | >267.7 | >149.5 | | |
| 下石盒子组 | 209 | 121 | 2.5 | | 250.1 | 189 | 5.4 | | 105.1 | 67.5 | 2.8 | |
| 山西组 | 83.5 | 40 | 2 | | 102.7 | 73.9 | 5.3 | | 107.6 | 36.7 | 1.0 | |
| 太原组 | 127.5 | 74 | 6 | 25 | 162.9 | 85.2 | 4.2 | 38.2 | 120.5 | 24.1 | 4.6 | 21.7 |
| 本溪组 | 24 | 16 | | 7 | 54.6 | 16.2 | | 31.5 | 22.9 | 20.4 | | 0.8 |

又据丰参 1 井煤岩显微组分分析：下石盒子组煤$_2$的镜质组 46%，惰性组 53%，壳质组 1%。太原组煤$_4$的镜质组 90%，惰性组 10%。这些均为典型腐植煤特征，其有机质亦属腐植型。

(3) 产油（气）潜力　据表 2-11-10 资料，丰参 1 井石炭二叠系暗色泥岩和石灰岩，其有机碳含量都很高，但氯仿沥青"A"含量都很低，一般为 0.006～0.06%，转化率也较低，"A"／C＝0.87～3.92%，烃／C＝0.45～1.92%，热解分析 $S_1+S_2$＝0.1～0.9 毫克／克。不同变质程度的煤的转化率也不高，"A"／C＝0.08～1.59%，烃／C＝0.08～1.25%，也反映了腐植型生气母岩有机质丰度高而产烃率低的特点，同时也说明本区石炭二叠系母岩有利于生气而不利于生油。

(4) 热演化程度　丰参 1 井上石盒子组和下石盒子组的暗色泥岩镜质体反射率一般为 0.7～0.87%，太原组为 0.98～1.05%。热解最高温度：上石盒子组一般为 457～469℃，下石盒子组至山西组为 465～477℃，太原组为 463～469℃，本溪组又增加到 482℃。据煤系暗色泥岩和太原组石灰岩的烷烃气相色谱资料可知，自上而下主峰碳数由 $C_{23}$ 变至 $C_{18}$ 或 $C_{20}$，OEP 值由 1.17 变至 1.08，表明其有机质处于成熟阶段，这一现象与区域上煤的牌号自上而下加深相一致。

至于震旦—寒武—奥陶系，总的来说，氧化程度较高，在皖北，震旦系有厚达 500 米的深灰色、浅灰绿色页岩，其有机碳含量为 0.109～1.10%。OEP 值 1.17，尚有一定生油能力，但到徐州一带已相变为新兴组红层。寒武—中奥陶统比震旦系的氧化程度还高，泥岩多为红层，石灰岩多为砾屑团块状灰岩和鲕状灰岩，有机质含量低，不具备生油条件。

根据区域资料和丰参 1 井及邻区的有机地球化学分析资料看来，本区中、新生界的生油（气）条件虽然具备，但相对来说，上古生界石炭二叠系的煤成气的生成条件却比其它层系好（表 2-11-14）。

### 六、储盖组合和圈闭类型

*1.储集类型*

据丰参 1 井及邻区的地层资料分析，本区基本上有下述三种储集类型。

(1) 砂岩孔隙储集层　有新、中、古三个层位，但储集层随埋深加大而变差。下第三系宋庄组砂岩和粉砂岩，是一套内陆浅湖沉积，单砂层厚 1.5～4.0 米，泥质和钙质胶结物含量低，胶结疏松，孔隙度高达 25.7～33.5%，是最好的储集层。白垩系下统第

表 2-11-14　丰沛铜地区煤层厚度统计表

| 层　位 | 煤层号 | 首羡集 | 三河尖 | 龙固 | 李庄 | 央河 | 平均 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 下石盒子组(m) | 1 | 0.18 | | | 0.41 | 2.05 | 0.53 |
| | 2 | | 0.16 | | 1.25 | 3.05 | 0.89 |
| | 3 | | | | 0.89 | 0.42 | 0.26 |
| | 4 | | | | 0.41 | | 0.08 |
| | 合计 | 0.18 | 0.16 | 0 | 2.96 | 5.52 | 1.76 |
| 山西组(m) | 5(A) | | 0.15 | 0.19 | 0.37 | | 0.14 |
| | 6 | | | | | | 0 |
| | 7(B) | 0.28 | 5.00 | 4.63 | 3.64 | 3.81 | 3.47 |
| | 8(C) | 2.23 | 2.20 | 1.50 | 2.97 | 0.64 | 1.91 |
| | 9(D) | | | | | 3.47 | 0.69 |
| | 10(E) | | | | | 0.27 | 0.05 |
| | 合计 | 2.51 | 7.35 | 6.32 | 6.98 | 8.19 | 6.26 |
| 太原组(m) | Ⅰ | | | | | | 0 |
| | Ⅱ | | | 0.20 | | | 0.04 |
| | Ⅲ | | 0.26 | 0.15 | 0.28 | | 0.14 |
| | Ⅳ | | 0.17 | 0.25 | 0.50 | | 0.18 |
| | 11 | 0.30 | 0.13 | | 0.37 | 0.40 | 0.24 |
| | 12 | | | | 0.44 | 0.25 | 0.14 |
| | 13 | 0.28 | 0.30 | 0.61 | 0.34 | 0.20 | 0.35 |
| | 14 | 0.61 | 1.80 | 0.58 | 0.34 | 0.34 | 0.73 |
| | 15 | 0.31 | 0.55 | | 0.48 | 0.30 | 0.33 |
| | 16 | 1.00 | | | 0.30 | | 0.26 |
| | 17 | | | 1.23 | 0.36 | | 0.32 |
| | 18 | | | 0.40 | | | 0.08 |
| | 19 | | | | | | 0 |
| | 20 | 0.46 | 0.30 | 0.35 | 0.85 | 0.81 | 0.55 |
| | 21 | 0.95 | 1.35 | 1.18 | 0.88 | 0.97 | 1.07 |
| | 22 | 0.68 | 0.60 | 0.50 | 0.81 | | 0.52 |
| | Ⅵ | 0.60 | | 0.30 | | | 0.18 |
| | 合计 | 5.19 | 3.48 | 5.75 | 5.95 | 3.27 | 5.13 |
| 总　计(m) | | 7.88 | 12.97 | 12.07 | 15.89 | 16.98 | 13.15 |

注：表中数据单位均为米。

一、三段和侏罗系中、上统砂岩，亦属内陆浅湖相沉积，单砂层厚一般2.5～5米，砂岩中钙质胶结物含量明显增加，胶结致密，孔隙度一般为4.7～6.2%，渗透率小于$1\times10^{-3}$平方微米。二叠系砂岩主要属滨海三角洲平原、潮间带上浅滩、沙坝环境下沉积，单砂层厚一般可达1～3.5米；其中石千峰组一、二段属河湖相沉积，单砂层厚一般可达4～6米，石千峰组一般底部单层最厚可达15米。但因成岩后生作用的关系，特别是石英颗粒的次生加大作用使岩石的物性普遍很差。

(2) 砂岩次生裂隙　主要发育在岩性致密、物性很差的二叠系砂岩之中。据两淮、徐州等地的煤田水文地质资料，二叠系砂岩中次生构造裂隙发育的不均匀性使砂岩不同程度的普遍含水，煤田钻井中也经常发现漏水，淮北煤田局部地区或层段发育的构造裂隙常常成为矿井充水、突水的根源。最大涌水量可达200～867吨／时，徐州马坡煤矿下石盒子组砂岩裂隙宽可达0.5～1米，大部分裂隙为方解石、泥质半充填。这可以说明次生构造裂隙对于二叠系砂岩来说，是一种重要的储集类型。

(3) 石灰岩次生裂隙和溶蚀孔洞　徐州马坡煤矿马家沟组石灰岩裂隙、溶洞发育，最大溶洞直径达2.5米，单位涌水量一般可达0.38升／秒·米，丰参1井该组石灰岩溶洞直径最大可达0.5～2厘米。这也是该区的另一种重要储集类型。

*2.盖层条件*

本区可做为盖层的岩类有：上第三系明化镇组和馆陶组的泥岩；下第三系宋庄组顶部含膏泥岩、薄层油页岩和石膏；下第三系汶口组除底部含砂砾岩以外的绝大多数的泥质岩类；石千峰组第三段砂质泥岩、泥岩及上、下石盒子组和山西组的泥岩和粉砂质泥岩。

*3.生储盖组合划分*

(1) 上古生界生储盖组合　共两套：即本溪组，太原组（生）—山西组，下石盒子组(储盖)；山西组，下石盒子组（生）—石千峰组（储盖）。

(2) 中、新生界生储盖组合　白垩系下统第二段（生）—白垩系下统第三段（储）—下第三系汶口组（盖或储盖）或第三系本身次生组合。

*4.圈闭条件*

在前人所做地震普查的基础上又经过4个年度的地震工作，在后黄楼凹陷、李寨低凸起和敬安凹陷发现了一批构造圈闭，其中食城构造经丰参1井钻探，在井深3450.5～3723米发现了下石盒子组—太原组中有7层气测异常。以食城构造为代表的这批圈闭，多沿丰沛断层分布，并多由断层切割与牵引作用而形成，其中一些构造是有利的，因此，可望探索以构造圈闭主为并兼顾潜山类型的气藏。特别结合气苗分布、圈闭条件和储集层缝隙发育情况来看，黄口坳陷的丰沛断裂带上的后黄楼凹陷和李寨低凸起应是不可忽视的勘探地区。

## 参　考　文　献[1]

马杏垣等，1983，中国东部中新生代裂陷作用和伸展构造，地质学报，第57卷第1期。

王水、黄仁金等，1982，江苏地区白垩纪—第四纪轮藻化石，地质出版社。

王尚文等，1983，中国石油地质学，石油工业出版社。

[1]本篇编写主要参考了江苏石油勘探局、安徽石油勘探总公司、北京石油勘探开发研究院和地质矿产部、华东石油局以及各有关大学的内部研究成果。

王燮培等，1982，苏北含油盆地的区域构造格局和局部构造形成机制，石油勘探与开发，第9卷第3期。

冯增昭等，1988，下扬子地区中下三叠统青龙群岩相古地理研究，云南科技出版社。

叶和飞，1979，浙皖古生界碳沥青的产出特征及其在油气勘探上的意义，石油勘探与开发，第6卷第2期。

邬立言等，1986，生油岩热解定量评价，科学出版社。

华东地区地层表（江苏分册），1978，地质出版社。

江苏省及上海市区域地质志，1984，地质出版社。

任纪舜等，1980，论中国大地构造及其演化，科学出版社。

朱夏，1986，朱夏论中国含油气盆地构造，石油工业出版社。

陈发景等，1982，关于我国东部第三纪含油气盆地形成问题的探讨，科学出版社。

李德生，1982，中国东部含油气盆地的地质构造特征，石油勘探与开发，第九卷第二期。

沈修志等，1979，江苏构造体系与找油问题探讨，石油勘探与开发，第6卷第3期。

宋之琛等，1982，江苏地区白垩纪—第四纪，科学出版社。

张文昭，1989，中国油气藏类型及复式油气区，大庆石油地质与开发，第四期。

张用夏，1982，黄海南部海域航空磁测，第二次全国构造地质学术会议论文集，科学出版社。

环文林等，1982，中国东部及邻区中新生代构造演化与太平洋板块运动，地质科学，第二期。

尚慧云等，1985，江苏句容坳陷石油地质特征及油源对比，石油勘探与开发，第十二卷第三期。

郑瑶芳，1987，高邮凹陷油气分布规律的探讨，石油学报，第二期。

费富安，1981，苏北东台坳陷地温与油气关系，石油与天然气地质，第二卷第一期。

侯佑堂等，1982，江苏地区白垩纪—第四纪介形类动物群，地质出版社。

胡见义等，1983，中国东部环太平洋地区的油气分布特征和勘探前景设想，石油勘探与开发，第一期。

胡见义等，1986，非构造油气藏，石油工业出版社。

郭令智，1983，西太平洋中新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成和演化，地质学报，第57卷第1期。

徐伟民，1986，句容盆地成油特征及含油气盆地，石油勘探与开发，第十三卷第四期。

黄第藩等，1979，中国陆相油气的形成演化和运移，甘肃人民出版社。

裘亦楠等，1980，松辽陆相湖盆河流—三角洲各种沉积砂体的油水运动特点，石油学报增刊。

童崇光，1980，中国东部裂谷盆地的石油地质特征，石油学报，第一卷第四期。

隐蔽油气藏论文集，1984，黑龙江科技出版社。

〔美〕A.G.柯林斯著，林文庄等译，1984，油田水地球化学，石油工业出版社。

# 第三篇　安 徽 油 气 区

安徽地区面积13.9万平方公里，人口5000万，处于长江中下游，交通便利。资源较丰富，在我国和上海经济区均占有重要的地位。50年代开始石油天然气的普查和勘探工作。通过石油工业部、地质矿产部等系统广大职工20多年的努力，不仅在皖东天长县境内发现了油田，建成了一定的原油生产能力，还在其它地区发现油气苗多处，并对安徽石油地质条件及油气勘探前景均有了较明确的认识。现将上述有关成果和认识加以整理总结表述，以备今后工作参考。[1]

本篇在编写的前期由张清、史秀峰等提出了初稿，经徐旺、周望、徐志川审阅以后，按照统一提纲要求，由朱儒勋、张清、吴少华等在此基础上，加以补充、修改，编写成此篇。

本篇终稿各章节主要撰写人，前言：张清；勘探历程：朱儒勋；地质构造概况：吴湘利、朱儒勋；天长地区：周松兴、黄森、陈佳映；两淮地区：徐毓凡、黄森；阜阳地区：吴少华；合肥盆地：黄斗台、娄建青、刁俊杰；南陵盆地：王久申、张瑞之；无为盆地：史秀峰；黄口盆地：苏良友、张清；固镇盆地：苏良友；其它盆地：史秀峰；油田及含油构造各论：黄森；长江沿岸第四系浅层天然气：吴少华；安徽含油远景评价：吴少华。此外，在编写过程中提供有关物探、古生物、资源量计算等方面资料的有严兆祥、沈后、徐锡旺、冯大华等。

本篇使用资料一般截至1988年底。编写过程中除使用安徽石油勘探公司的资料外，还参阅了石油工业部、地质矿产部、煤炭工业部等系统有关单位和院校的资料，在此表示感谢。胡文义承担了大部分图件的清绘工作，本篇最后由朱儒勋、张清定稿。

# 第一章　勘探历程[2]

1927年，在安徽长江南岸繁昌县三山地区发现了第四系浅层天然气，当地群众用其焙烧骨粉及硫磺。在1948年谢家荣报导了安徽宣城油苗。但安徽地区真正的油气普查与勘探工作始于1958年，迄今已三十多年，但是中断过六年。在这期间，油气普查勘探大体上可划分为三个阶段。

第一阶段（1958～1964年），为油气普查初期阶段。

1958年地质部第一石油普查大队安徽区队成立，该队对合肥盆地及皖东南地区进行了1：200000的石油地质普查，并钻地质浅井56口，进尺3.1万米。此外，还对长江沿岸第四系浅层天然气作了较为详细的调查。在这个阶段，在安徽进行了油气普查工作的单位还有石油工业部华东石油勘探局304和305队，完成了本区大部分地区1：200000的重磁力普查；地质部航磁大队902、904队在安徽进行了大面积的航磁测量；地质部华东石油物探大队在合肥盆地的北部，无为及宣广盆地进行了电测深剖面的普查与概查。通过本阶段的工作，主

[1] 安徽省油气资源评价报告，1986。

[2] 李世明、李伟杰、陈方恒等参加了本章的编写工作。——编者

要取得以下成果及认识:

1）初步圈定了安徽地区长江沿岸中、新生代沉积盆地的范围，并对各类油苗进行了调查。

2）认为合肥盆地是一个以中生代为主的沉积盆地，面积大，沉积岩厚，下白垩统朱巷组为可能的生油层。合肥盆地仍应作为今后勘探的主要对象。皖南勘探远景较好的地区为南陵盆地和无为盆地。

3）初步计算了沿江第四系浅层天然气的储量，并进行了成因的分析。

1964年安徽区队奉命撤销，人员调离安徽。此后石油普查勘探工作中断了6年。

第二阶段（1970～1976年），为油气普查的选区阶段。

1970年7月，安徽石油普查队伍重新组建，成立了安徽石油勘探处（后改为公司）。该单位成立后，在综合研究全省石油地质资料的基础上，首先选择了合肥盆地作为勘探对象。当时所使用的地震装备（先是光点记录仪，后改用磁带模拟仪器）适应不了合肥盆地复杂的地质结构，得不到可靠的地震资料，也没有发现理想的局部构造，而钻井队伍已经组建，等着提供深井井位，最后只得根据重力资料拟定。先后在评价较高的东部钻深井6口，地质浅井14口，进尺约2.88万米。钻探结果，在白垩系、下第三系中发现了三套可能生油的暗色泥岩层，但不够理想，也没有发现可靠的油气显示。

在开展合肥盆地勘探工作期间，石油地球物理勘探局在安徽西北部阜阳地区发现一批局部构造。在分析阜阳地区石油地质资料后，安徽石油勘探公司于1973年组织了一个钻井队上阜阳倪丘集凹陷的光武构造。第一口深井（阜深1井），就在下第三系发现了荧光砂岩，接着第二口深井（阜深2井），取芯证实了下第三系荧光砂岩，并在第三系下面发现了二叠系石盒子组含煤地层。稍后，又在另外两个局部构造上打了两口深井。1973年至1976年，在阜阳地区共打深井4口，进尺约1.3万米。钻探结果表明第三系都很厚，但均为一套红色的碎屑岩，没有找到生油层。阜深1井经下套管试油，也未获得油流。

1973年，石油地球物理勘探局在安徽东部天长地区（属苏北盆地）发现了两个二级构造带，提供了勘探天长地区的重要依据。在天长地区，安徽石油勘探公司把第一口探井选在东部构造带靠近可能生油凹陷的张庄构造上，钻探结果，证实天长地区下第三系有一套厚达800米以上的暗色地层，并见到了油气显示。第二口探井（天深2井）就突破了油流关。天深3井也见到了油气显示。天深4井在奥陶系石灰岩中见含油显示，并获得二氧化碳气流。天深6井打在东部构造带的乔田构造上，在阜一段发现了工业油流，成为本区的第一口工业油井。从此安徽的石油勘探工作进入了一个新阶段。

总结本阶段的工作，可以得出以下几点看法。①坚持了区域侦察，钻探了合肥盆地、阜阳及天长等三个地区，根据钻探的结果，选择天长地区的下一阶段勘探的重点地区；②每勘探一个地区，首先应分析该区的基本石油地质条件，特别是生油层发育情况；③在一个地区内，要强调大面积钻探。以上是比较成功的经验，但是，对地震勘探的先行和重要性认识不够，勘探效果还不够理想。

第三阶段（1977年～1988年），为重点勘探天长地区阶段。

自从1975年天深2井发现油流，1976年天深6井获得工业油流后，安徽的勘探重点转移到天长地区。十多年勘探工作，大体上经历了以下4个过程。

1）1977～1978年，评价钻探乔田、张铺、潘庄构造。由于乔田构造（天深6井，1976年）和张铺构造（天深9井，1977年）获得工业油流，于是就在这两个构造上钻评价井，

但是，因构造比较复杂，没有取得理想成果，都仅有一口井获得油流。1978 年预探潘庄构造的天深 16 井获得成功，当时吸取乔田、张铺打评价井的教训，采取"循序渐进"小井距打法，效果较好。此外，还预探了夏家营、大溪庄、小关、王龙庄等构造，其中王龙庄构造的天深 20 井获得低产油流。夏家营构造上的天深 15 井发现了含油显示。

2）1979～1983 年，甩开钻探谢家冲、陈家营、八面塘、梁家本庄构造。先后选择 9 个构造进行预探，天深 22 井和天深 28 井分别在谢家冲和陈家营构造，获得较好的油气显示和低产油流。

3）1984～1986 年，评价钻探王龙庄构造。根据 1983 年作的王龙庄构造图，1984 年钻探了王 4 井，通过试油获得了日产原油 25 吨的产量，从而结束了天长地区都是低产油井的历史。此后，集中钻机评价钻探王龙庄构造，到 1986 年底基本结束，探井成功率比较高，在评价钻探中，不断发现新的含油层组，从而建立了王龙庄油田油藏分布模式。

4）1986～1988 年，甩开钻探吴庄、欧庄、冼家营、马庄等构造。1986 年预探吴庄构造的天深 33 井，在阜二段、阜三段中见到较多的含油显示，选阜三段中的一层测试获得油流。1987 年预探欧庄构造的王 20 井获得成功。1988 年预探冼家营构造的天深 34 井，因所处的构造位置较低，仅见到一些含油显示。

第三阶段在重点勘探天长地区的同时，在阜阳、黄口、合肥、南陵、无为等地区也断断续续进行了一些地震普查和少量的钻井工作。

通过本阶段的工作，在天长地区控制和探明了一定数量的石油地质储量，并建成了年产近三万吨的原油生产能力，为今后本区的发展创造了一定的条件。但由于天长地区构造比较复杂以及勘探装备条件所限，勘探的成效仍不够理想。今后应进行精度较高的三维地震勘探，来解决本区石油地质问题。

1988 年除继续以天长地区为油气勘探的重点外，并适当加强了阜阳、合肥、南陵、无为等地区的勘探工作。安徽石油勘探公司在阜阳地区临泉凹陷开钻了一口参数井，在南陵盆地为选择科学探井井位加做了地震宽线剖面。此外，石油地球物理勘探局还在临泉凹陷进行地震工作，在合肥盆地东部进行了地震和电磁测深大剖面工作。上述几个地区都准备加强勘探，可以设想，以此为转机，安徽的石油勘探工作将进入一个新的发展时期。

# 第二章 地质构造概况

安徽地区在大地构造位置上跨华北地台、下扬子准地台、秦岭褶皱系三大构造单元，位于三大构造单元衔接部位（见图 3-2-1）。印支运动后，在地台盖层发生褶皱的基础上，进一步叠置发生、发展了 12 个中、新生代陆相沉积盆地，形成三个找油找气领域，即下扬子准地台海相、华北地台南部石炭二叠系煤成气及中、新生代陆相盆地。关于区域地质部分已在第一篇中加以叙述，本章简述如下。

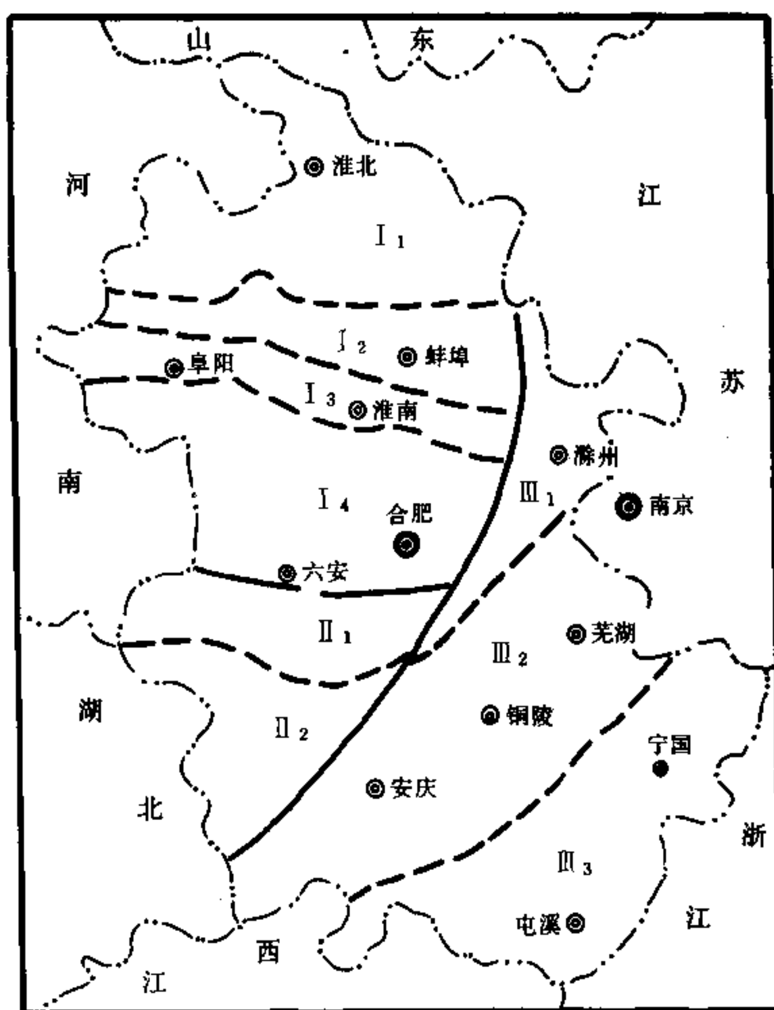



图 3-2-1 安徽省构造区划图

Ⅰ—华北地台；$Ⅰ_1$—淮北台坳；$Ⅰ_2$—蚌埠台隆；$Ⅰ_3$—淮南台坳；$Ⅰ_4$—合肥台隆；Ⅱ—秦岭褶皱系；$Ⅱ_1$—北淮阳褶皱带；$Ⅱ_2$—大别山隆起带；Ⅲ—下扬子准地台；$Ⅲ_1$—滁县隆褶断带；$Ⅲ_2$—长江坳褶断带；$Ⅲ_3$—皖南隆褶断带

## 第一节 基 底

**一、华北地台南部的皖北地区**

*1. 上太古代下五河群和霍邱群*

见于怀远县的姚山及长丰县合深3井，凤台县凤深1井等钻孔中，岩性为黑云母角闪石片麻岩、片岩及花岗片麻岩。

*2. 下元古代上五河群*

下部岩性为变粒岩、浅粒岩、黑云二长片麻岩和白云质大理岩组成的韵律层；上部为一套变质的中酸性火山岩。与下五河群呈假整合接触。凤阳地区的凤阳群为同时代地层。

**二、下扬子准地台的沿江和江南地区**

*1. 中元古代上溪群*

广泛出露于皖南祁门、休宁、歙县、屯溪一带及皖东的张八岭，其岩性为一套浅变质的千枚岩系。

*2. 上元古代青白口系张八岭组*

见于皖东张八岭，该组不整合于北将军组（上溪群）之上，为一套石英—细碧角斑岩系。

**三、秦岭褶皱系的大别山地区**

*1. 上太古代—下元古代大别山群*

主要岩性为斜长角闪岩、云英片岩，推测原岩可能为火山—沉积岩建造。

*2. 中上元古代佛子岭群*

其岩性为一套浅变质的片岩系，见藻类化石，其原岩为一套浅海—滨海相砂、泥岩，不整合在大别山群之上。

*3. 石炭纪梅山群*

梅山群仅分布于金寨梅山一带，是一套极为混杂的轻变质岩系，由于后期的构造运动，与佛子岭群挤压逆冲在一起。梅山群的岩性为变质砂砾岩、石英片岩、千枚岩、板岩夹结晶灰岩等，产芦木、脉羊齿、腕足类、海百合等动植物化石，其地质时代属石炭纪。

## 第二节 沉 积 岩

处于华北地台的皖北地区，沉积岩有海相为主的青白口系、震旦系、寒武系、奥陶系，海陆交互相的石炭二叠系，因加里东运动使其长期抬升侵蚀，缺失上奥陶统至下石炭统。三叠系很不发育，且未见海相地层。中新生代皆为陆相沉积。

处于下扬子准地台的沿江及江南地区，沉积岩有以海相为主的震旦系至三叠系中下统，其间仅泥盆系中下统及石炭系下统偶有缺失，自晚三叠世开始则皆为陆相沉积。江南区的奥陶—志留系具有槽型地层特征而与沿江区有所不同。

处于秦岭褶皱系的大别山区北部，沉积岩有侏罗、白垩系及新生界，皆为陆相沉积。

## 第三节 岩 浆 岩

安徽地区具有多期岩浆活动的特点，据徐树桐的研究，简述如下：

**一、太古代岩体**

有大别山的英尖山、司空山、团岭等花岗岩体。

**二、元古代岩体**

有大别山的万山、下浒山；蚌埠的曹山、磨盘山、女山；池河的管店、岱山花岗岩体；巢湖北的大康集闪长岩体；皖南的琅琊、许村等岩体。其中许村岩体K–Ar同位素年龄为8.77亿年，琅琊岩体为9.13亿年，并被震旦纪休宁组砂岩所不整合。

**三、古生代岩体**

有宿县的老寨山、泗县的马鞍山辉绿岩，辉绿岩中辉石的K—Ar同位素年龄分别为4.476和4.527亿年。辉绿岩分布于震旦系中，并已褶皱。

**四、中生代早期岩体**

印支期的岩体有洪镇岩体，宿县附近的辉绿岩脉和闪长玢岩小岩体等。

**五、中生代晚期岩体**

即晚侏罗世至早白垩世燕山期岩体，为本省发育最为广泛的岩体，以中酸性侵入岩与喷出岩为主，如著名的太平、黄山等花岗岩体。

**六、新生代岩体**

见于天长、合肥、巢县等地，主要岩性为玄武岩及辉绿岩。

## 第四节 构造单元划分

在上述三个一级构造单元的基础上，本省进一步划分为几个二级构造单元，见图3–2–1。

**一、华北地台**

本省处于华北地台的东南边缘，东以郯庐断裂与下扬子准地台为界，南以肥西—韩摆渡断裂与秦岭褶皱系相隔，省内面积约6万余平方公里，自北向南又可划分为四个次一级构造单元。

*1. 淮北台坳*

震旦系至古生代沉积最厚可达8000米，沉积中心位于宿县一带，省内有淮北煤田，向西与河南的通许、平禹煤田相呼应。

*2. 蚌埠台隆*

由太古界至早元古代的五河群及凤阳群变质岩所组成，向西延至河南的登封、许昌一带，称登封群及嵩山群。

*3. 淮南台坳*

震旦系至二叠系总厚约4660米左右，省内有淮南煤田，河南为平顶山煤田。

*4. 合肥台隆*

合深3井侏罗—白垩系之下于井深2356.5米钻遇太古界霍邱群，此套变质岩向西延至河南午阳、鲁山、灵宝一带，当地称太华群。

**二、秦岭褶皱系**

本省西部大别山及其北缘属于秦岭褶皱系的范围，省内面积约1万7千余平方公里，自北而南又可划分为二个次级构造单元。

*1. 北淮阳褶皱带*

由晚太古代至早元古代大别山群、中、晚元古代佛子岭群及石炭纪梅山群等变质岩所组成。

*2. 大别山隆起带*

由晚太古代至早元古代大别山群变质岩所组成。

**三、下扬子准地台**

郯庐断裂以东的皖中、皖南地区均属下扬子准地台范围，面积约6万余平方公里，为晚元古代皖南旋回（扬子旋回）所形成的准地台，在本省可划分为三个二级构造单元，即两隆夹一坳，自北而南为：

*1. 滁县隆褶断带*

震旦系至奥陶系广泛出露，总厚约5600米，以浅海台地相的碳酸盐岩建造为主，志留系至二叠系残缺不全。褶皱紧密，断裂发育，燕山期花岗岩沿断裂呈串珠状分布。

*2. 长江坳褶断带*

震旦系至三叠系发育较完整，总厚12000米以上，以浅海台地相碳酸盐岩建造为主，三叠系中统以后，逐渐转为陆相。褶皱较紧密，断裂发育，印支、燕山期花岗岩发育。

*3. 皖南隆褶断带*

震旦系至志留系广泛出露，总厚11000米以上，以盆地—陆棚相的硅质页岩为主，泥盆系至三叠系残缺不全。褶皱较宽缓，多组成大型复背斜、复向斜，断裂较发育，以印支期花岗岩为主，并以大型岩基产出居多。

## 第五节　构造发育史

根据安徽地区各时代地层岩性、岩相、沉积建造的特征及构造运动的性质，自晚太古代以来，大体经历了地槽—地台—大陆边缘活动带三大发展阶段，但各发展阶段所经历的时间在各个大地构造单元不尽相同，简述如下：

**一、皖北地区**

地槽构造层包括晚太古代下五河群、霍邱群和早元古代的上五河群。下五河群和霍邱群，其原岩为地槽相火山—沉积岩系列。晚太古代末的阜平运动，在本区反映了整体上升，仅在五河、淮南东西向一线沉积了地槽相复理石建造的上五河群，早元古代末的蚌埠运动，地槽全面回返褶皱变质，从此进入华北地台发展阶段及三叠纪以后的大陆边缘活动带发展阶段。

**二、沿江及江南地区**

地槽构造层包括中元古代的上溪群和晚元古代的张八岭组。上溪群的原岩为砂、泥岩复理石建造，张八岭组原岩属以火山岩为主夹砂泥岩，属优地槽沉积，两者为不整合接触。晚元古代末发生了大规模褶皱造山运动——皖南运动主幕，从而结束了地槽的历史，进入下扬子准地台发展阶段。本区地台构造层包括从震旦系到三叠系，其间未发生强烈的褶皱运动，但振荡运动比较频繁，稳定性不如华北地台。三叠纪时的印支运动，早中期表现为抬升，使

下扬子海逐渐向东退去并上升为陆，三叠纪末印支运动主幕的南象运动，表现为褶皱、断裂和岩浆活动，并从此进入大陆边缘活动带的新阶段。本区大陆边缘构造层包括侏罗系至第四系，全为陆相砂、泥岩沉积，其间构造运动频繁，表现为程度不同的褶皱、断裂和岩浆活动。其中中侏罗世末的燕山运动第一幕，晚侏罗世末的燕山运动第二幕，第三纪始新世与中新世之间的喜山运动第二幕等，表现比较强烈。

**三、大别山地区**

地槽构造层包括晚太古代—早元古代的大别山群，中、晚元古代的佛子岭群。本区在大别山群沉积后，早元古代末的大别运动，使南侧隆起，北侧北淮阳地区大幅度断陷，并形成夹持南北的磨子潭—晓天断裂和肥西—韩摆渡断裂，在此断陷的北淮阳地区，沉积了中、晚元古代的佛子岭群。晚元古代末的佛子岭运动，使佛子岭群褶皱变质。在震旦系海相冰碛层沉积之后，北淮阳地区有一次上升运动，长期的隆起，使之缺失了古生代大部分地层，仅于石炭纪又发生海浸时，才在金寨附近沉积了具有地槽地台过渡性质的梅山群，该群为一套类复理石—类磨拉石建造。在石炭纪晚期，北淮阳地区再次上升隆起。三叠纪及其以后，使本区进入大陆边缘活动带的新阶段，印支运动使梅山群全面褶皱和轻微变质，局部产生混合岩化作用。燕山喜山运动使其发生断裂、褶皱且伴随岩浆活动，并在大别山隆起的两侧沉积了较厚的中、新生代地层。

## 第六节 褶 皱

安徽地区的印支运动，使三叠系及其以下地层褶皱隆起，随后的燕山、喜山运动使构造进一步复杂化。就古生界背斜而言，完整者极少。多被断层复杂化。其中处于华北地台的皖北地区，背斜一段较宽缓，其轴向大体可分为近南北向和近东西向两组；处于下扬子准地台的沿江和江南地区，背斜一般陡窄，轴向北东，背斜轴部常被火成岩体所刺穿。现将本省较典型的古生界背斜，自北而南列于表 3-2-1 中。

**表 3-2-1 安徽省典型古生界背斜概况表**

| 编号 | 背斜名称 | 地理位置 | 轴部出露地层 | 轴 向 | 长短轴 (km) | 其 它 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 童亭 | 濉溪县童亭集 | $O_1$ | 近南北 | 18×4 | 两翼 10°～20° |
| 2 | 花沟 | 涡阳县花沟 | $O_1$ | 北 20° 东 | 20×5 | 7 条横断层 |
| 3 | 陈桥 | 颍上县陈桥 | € | 近东西 | 36×7.4 | 北东向断层发育 |
| 4 | 潘集 | 凤台县潘集 | $O_2$ | 北 70° 西 | 5×2 | 两翼 20°～30° |
| 5 | 凤凰山 | 巢湖市凤凰山 | $S_1$ | 北 20° 东 | 6×1.4 | 两翼 60°± |
| 6 | 铜官山 | 铜陵市铜官山 | $S_2$ | 北 45° 东 | 9×1.5 | 两翼 50°±，横断层发育 |
| 7 | 永村桥 | 青阳县永村桥 | $S_1$ | 北 50°～80° 东 | 18×3～5 | 两翼 40°±，有走向断层 |
| 8 | 龙门 | 太平县龙门 | $S_1$ | 北 40° 东 | 12×3 | 北翼 40°～60°，南翼 20°～30°，有走向断层 |

## 第七节 断　　裂

安徽地区断裂发育，控制一、二级构造单元的边界大断裂，其走向大体上可分为近东西向和北东向两组，择其重要者简述如下。

*1. 郯庐断裂*

在本省是划分华北地台、秦岭褶皱系与下扬子准地台边界的大断层，该断层自嘉山进入本省，往南经巢湖、庐江至江西湖口，断层走向北北东，省内长约330公里，其断裂带破碎挤压，断面西倾至直立，该断裂主要产生于晚侏罗世之前，燕山期、喜山期仍有强烈活动。

*2. 肥西—韩摆渡断裂*

是本省划分华北地台和秦岭褶皱系的边界大断裂，该断裂在省内由西向东，经六安韩摆渡，肥西城南直抵郯庐断裂带，省内长197公里，走向近东西，断面南倾，断裂北侧在防虎山已出露太古—元古生界变质岩，断裂南侧沉积有几千米的中新生界，此断裂形成于早元古代末，燕山、喜山期均有强烈活动。

*3. 太和—五河断裂*

位于蚌埠台隆北侧，省内长约235公里，走向近东西，断面北倾，较陡，断裂北侧古生界齐全，南侧较薄的中、新生界以下即为太古界。此断裂形成于早元古生代末，控制了震旦纪以来的沉积。

*4. 临泉—刘府断裂*

位于蚌埠台隆的南侧，省内长约240公里，走向近东西，断面北倾，倾角约70°，断裂北侧第三系以下即为太古—元古界变质岩，南侧有古生界分布，此断裂形成于早元古代末，印支期强烈挤压，燕山期、喜山期均有活动。

*5. 寿县—定远断裂*

位于合肥台隆北侧，省内长约230公里，走向近东西，断面南倾，倾角60°～70°，鉴于在断裂北侧的淮南煤矿区见有煤系向北倒转，推测断裂在早期为逆冲性质，中新生代时又转化为北升南降的正断层，此断裂形成于早元古代末，燕山、喜山期有强烈活动。

*6. 磨子潭—晓天断裂*

位于大别山隆起的北侧，省内长约160公里，走向近东西，断面北倾，倾角50°～70°，挤压破碎带宽约650～1000米。据航磁资料，断裂落差可达10公里以上，此断裂形成于早元古代末，燕山、喜山期均有活动。

*7. 滁河断裂*

位于滁县隆褶断带的南侧，省内长约130公里，走向北东，断面东南倾，倾角50°～85°，此断裂形成于印支晚期、燕山、喜山期活动强烈。

*8. 江南断裂*

位于皖南隆褶断带的北侧，省内长约270公里，走向北东，断面以北西倾为主，为压性逆冲断层，挤压现象明显，此断层可能形成于元古代，对早古生代地层厚度、岩相、生物群有明显控制作用，以后各时期均有活动。

*9. 阜阳断裂*

由阜阳向北延伸出省，向南经阜南黄岗集入河南省，省内长145公里，走向北北东，断面西倾。此断裂在卫星图片上有反映，航磁ΔT平面图上，在断裂东侧小型异常密集，西侧

平缓。钻井证实，断裂以西，在白垩—第三纪时大幅度沉降，有巨厚的白垩—第三系沉积。此断裂孕育于燕山晚期，喜山期有强烈活动。

## 第八节　中、新生代陆相沉积盆地

印支运动在安徽地区为划时代的构造运动，它使秦岭褶皱系北段（即北淮阳）褶皱回返，它使华北地台和下扬子准地台褶皱隆起，从而结束了本区地台发育的历史，导致安徽地区总体再度形成大陆，并进入大陆边缘活动带阶段。中、新生代沉积盆地，正是在印支运动之后形成，在地台盖层发生褶皱的基础上，进一步叠置发生和发育了12个互为独立，又有成因联系的中、新生代陆相沉积盆地，其中黄口、周口、苏北盆地是跨省的，只有一部分在安徽境内，见图3-2-2。

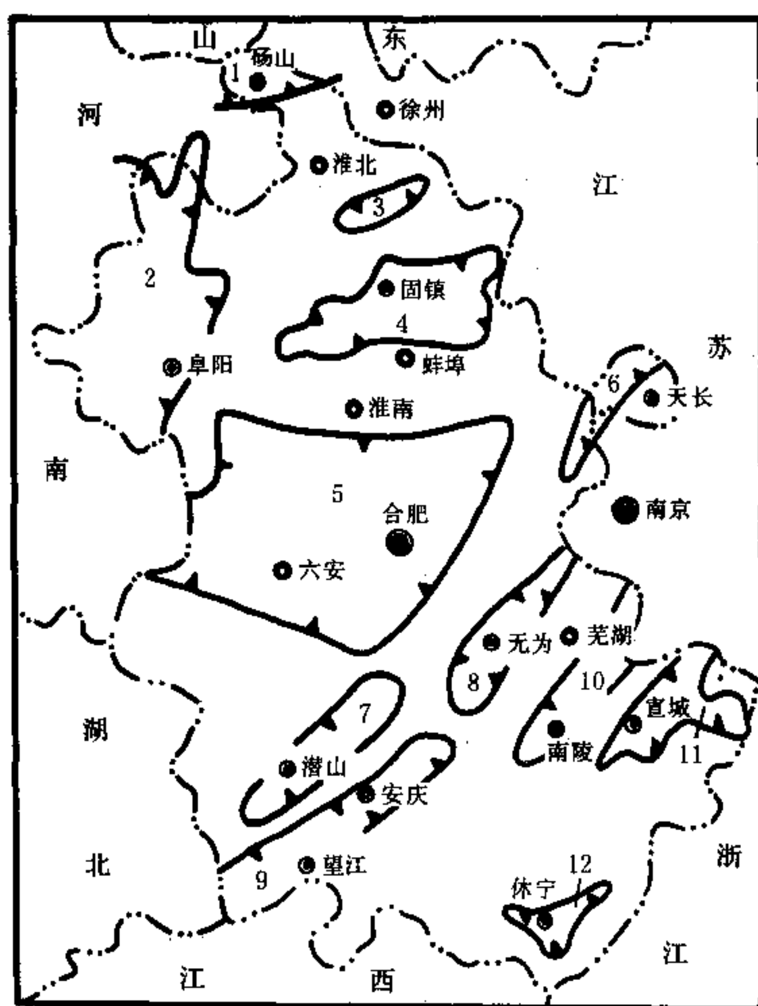



图3-2-2　安徽省中、新生代陆相沉积盆地分布图

1—黄口盆地黄口地区；2—周口盆地阜阳地区；3—蒿沟盆地；4　固镇盆地；5—合肥盆地；6—苏北盆地天长地区；7—潜山盆地；8—无为盆地；9—望江盆地；10—南陵盆地；11—宣广盆地；12—休宁盆地

这些中、新生代陆相沉积盆地，往往叠置在古生代海相地层之上，上面的陆相地层，下面的海相地层都可以作为找油找气的对象，它们是安徽地区勘探油气的主要场所，目前已在天长地区获得了工业油流，在阜阳地区获得了油流，在黄口、合肥、南陵等盆地找到了生油层，各盆地的石油地质条件和找油气前景，将在本篇第二章中详细阐述，各中、新生代沉积盆地的基本情况见表 3-2-2。

**表 3-2-2 安徽省中、新生代沉积盆地基本情况表**

| 序号 | 盆地名称 | 面积 ($km^2$) | 盆地主要发育期 | 盆地走向 | 沉积岩 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 时代 | 厚度（m） |
| 1 | 黄口盆地黄口地区 | 1100 | 燕山—喜山期 | 近东西 | J—E | 5000 |
| 2 | 周口盆地阜阳地区 | 10000 | 喜山期 | 近东西 | K—E | 3000～7000 |
| 3 | 蒿沟盆地 | 740 | 燕山期 | 近东西 | J—K | 1600 |
| 4 | 固镇盆地 | 6000 | 燕山期 | 近东西 | J—K | 2500 |
| 5 | 合肥盆地 | 20000 | 燕山期 | 近东西 | J—E | 6000 |
| 6 | 苏北盆地天长地区 | 1800 | 燕山—喜山期 | 北东 | J—E | 6000 |
| 7 | 潜山盆地 | 2400 | 喜山期 | 北东 | J—E | 3000 |
| 8 | 无为盆地 | 2500 | 燕山—喜山期 | 北东 | J—E | 3000～4000 |
| 9 | 望江盆地 | 5000 | 燕山—喜山期 | 北东 | J—E | 3000～4000 |
| 10 | 南陵盆地 | 2800 | 燕山—喜山期 | 北东 | $K_2$—E | 5000 |
| 11 | 宣广盆地 | 2250 | 燕山期 | 北东 | $K_2$ | 5000 |
| 12 | 休宁盆地 | 640 | 燕山期 | 近东西 | J—E | 2000 |

# 第三章　盆地及地区各论

## 第一节　天 长 地 区

### 一、油气勘探概况

天长地区系指苏北—南黄海盆地东台坳陷金湖—来安凹陷西南段，伸入安徽省境内的油气勘探区。地处皖东天长、来安两县，北部及南部与江苏省盱眙、金湖、仪征、六合等县接壤，西接滁县、嘉山，东隔高邮湖与高邮县相望。

本区的石油地质调查工作始于1959年。1959～1960年石油工业部华东石油勘探局304队完成了1∶20万的地面重磁力测量，地质部航磁大队902队完成了1∶100万航磁测量。1978年江苏石油勘探局在本区北部进行了1∶10万重力测量。1981年地质部航磁大队完成了1∶5万航磁测量。1969～1976年安徽省区调队完成了1∶20万区域地质测量。

地震勘探从1972年开始，由石油地球物理勘探局施工，至1976年共完成模拟地震测线1146.56公里。自1975年起，安徽石油勘探公司的地震队在本区开展工作，至1985年共完成模拟地震测线2540.92公里。上述两个单位累计完成模拟地震测线3687.48公里，模拟地震测网密度达1×2及1×1公里，局部达0.5×0.5公里。1986年后改用数字地震仪，到1988年底，共完成数字地震测线1522.33公里。开展地震勘探15年间，本区共发现各类圈闭32个。

深井钻探工作始于1973年。1973～1988年，本区共钻各类探井78口，其中预探井30口，详探井48口，总进尺153223米。取芯进尺621.89米，实取岩芯长566.42米，岩芯收获率91.1%。探井中下套管井52口，试获工业油流井33口，二氧化碳气井1口，试出少量油流井10口。

钻探局部构造15个，占总构造数的46.9%，其中见工业油流构造6个，一般油流构造3个，构造钻探成功率为60%。此外还钻地质浅井14口，进尺12788米。经过连续15年的油气勘探工作，取得了如下三点成果和认识。

1）天长地区是苏北—南黄海盆地以新生代沉积为主体的三级负向构造单元。早第三纪古—始新世是凹陷主要发育期，沉积了巨厚的近海河湖相的碎屑岩。古新世阜宁组为区内主要生储油地层和勘探目的层。

2）南北向鼻状构造带和北东向断裂构造相叠加，组成本区构造的基本格局，两构造带的复合区是油气的富集地区。

3）本区自1976年天深6井发现工业油流至1988年底，找到了三个油田——王龙庄、潘庄、欧庄；四个含油构造——乔田、张铺、陈家营、吴庄；一口二氧化碳气井（图3-3-1）。

### 二、地层

天长地区地表大部分为第四系和上第三系覆盖，下第三系及其以下地层，仅在来安县张山集、舜山集和天长隆起顶部有零星出露。井下钻遇地层有奥陶系、泥盆系、侏罗系、白垩系和第三系（表3-1-1）。

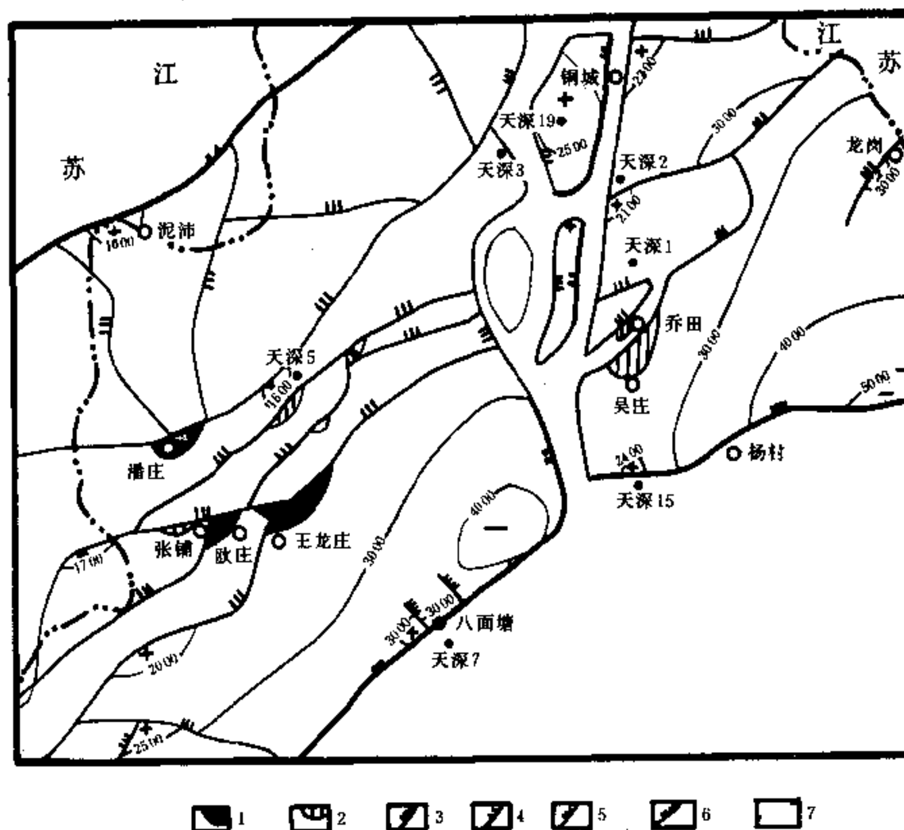



图 3-3-1　天长地区石油勘探成果图

1—油田；2—含油构造；3—一级断层；4—二级断层；5—三级断层；6—四级断层；7—构造等高线（m）

本区基底为元古界浅变质岩。在其上覆盖有下古生界扬子地台型陆棚相碎屑岩和台地相碳酸盐岩；上古生界大部缺失，仅沉积一套石英岩；中生界为火山岩和河湖相碎屑岩；新生界为单断型凹陷式沉积，河、湖相交替发育。沉积厚度达 3000～6000 米。

*1. 古生界*

(1) 奥陶系下统（$O_1$）　上部为灰色石灰岩、白云质灰岩、白云岩夹褐黄色薄层硅质岩，普遍含硅质结核，局部有龟裂纹构造；下部为灰色石灰岩、含白云质灰岩、夹泥质条带灰岩、黑色页岩，含少量硅质结核。产腕足类、海绵骨针及牙形类化石。腕足类：正形贝 *orthis* ? sp.，西南正形贝 *Xinanorthis*? sp.；牙形类：变化胡安牙形石 *Juanognathus variabilis Serpagli*，匕首鼻颚牙形石 *Narusgnathus dolonus* An，遍路透牙形石 *Reutterodus depressus* An，叉开锯鄂牙形石 *Serratognathus diversus* An Lee 等。

(2) 泥盆系上统五通组（$D_3w$）　浅灰、灰黑色石英细砂岩夹薄层深灰、灰黑色页岩。

*2. 中生界*

(1) 侏罗系

1) 中下统象山组（$J_{1-2}xn$）　浅绿灰、灰白色细砂岩夹黑色页岩，灰绿色含粉砂泥岩及煤线。

2) 上统红花桥组（$J_3h$）　上部为灰绿、灰紫色安山质集块角砾岩，凝灰角砾岩，粗面安山岩夹杂色安山质凝灰岩，凝灰质砂岩；中部灰绿色安山质凝灰岩，凝灰质砂、泥岩；下

## 表3－3－1 天长地区地层简表

| 地层系统 | | | | | 视厚度(m) | 岩性 | 构造运动 | 地震波组 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 系 | 统 | 组 | 段 | 代号 | | | | |
| 第四系 | | 东台组 | | Qd | 72.6 | 粘土、粉砂质粘土、砂层 | 黄海运动 | |
| 第三系 | 上新统 | 盐城组 | 二段 | $N_2y^2$ | 317.0 | 泥岩、砂砾岩、中上部夹玄武岩 | 凡川及三垛运动 | |
| | 始新统 | 三垛组 | 二段 | $E_2S^2$ | 813.0 | 浅棕色砂岩、含砾砂岩夹棕红色粉砂质泥岩，底为砾岩 | | |
| | | | 一段 | $E_2S^1$ | 482.5 | 浅棕色砂岩与棕色粉砂质泥岩组成正韵律 | 真武运动 | $T_2^3$ |
| | | 戴南组 | 二段 | $E_2d^2$ | 524.0 | 棕灰色砂岩与棕褐色泥岩组成正韵律 | | |
| | | | 一段 | $E_2d^1$ | 387.0 | 灰白色砂岩与棕褐色泥岩组成正韵律 | 吴堡运动 | $T_3^0$ |
| | 古新统 | 阜宁组 | 四段 | $E_1f^4$ | 500.0 | 灰黑、深灰色泥岩夹泥灰岩、纸状页岩 | | $T_3^1$ |
| | | | 三段 | $E_1f^3$ | 503.5 | 深灰、棕色泥岩与灰色细粉砂岩组成反韵律 | | |
| | | | 二段 | $E_1f^2$ | 270.0 | 深灰、棕褐色泥岩夹泥灰岩、砂岩、鲕粒砂岩、鲕粒灰岩 | | $T_3^3$ |
| | | | 一段 | $E_1f^1$ | 440.0 | 棕灰色砂岩夹棕褐色泥岩 | | |
| | | 泰州组 | | $E_1t$ | 391.0 | 上部棕褐色泥岩与棕灰色砂岩，下部砾岩、砂砾岩 | 仪征运动(燕山运动末幕) | $T_4^0$ |
| 白垩系 | 上统 | 大王组 | | $K_2d$ | 307.6 | 棕、棕褐色泥岩、粉、细砂岩夹深灰色泥岩 | | |
| | | 赤山组 | | $K_2c$ | 343.0 | 砖红色细砂岩夹棕褐色泥岩、浅棕色粉砂岩及砂砾岩 | | |
| | 下统 | 浦口组 | | $K_1p$ | 1570.0 | 棕、棕灰色粉细砂岩与棕褐色粉砂质泥岩互层，含石膏 | | |
| | | 葛村组 | | $K_1g$ | 385.0 | 褐灰、青灰色泥岩、粉细砂岩互层夹砂砾岩 | | |
| 侏罗系 | 上统 | 红花桥组 | | $J_3h$ | 1110.0 | 中、上部安山质集块角砾岩，安山质凝灰岩，下部粉砂岩夹砂砾岩 | | |
| | 中下统 | 象山组 | | $J_{1-2}^{xn}$ | 67.5 | 浅绿灰、灰白色细砂岩夹黑色页岩及煤线 | | |
| 泥盆系 | | 五通组 | | $D_3^w$ | 239.0 | 浅灰、灰白、灰黑色细砂岩夹灰黑色页岩 | 印支、海西运动 | $T_5^0$ |
| 奥陶系 | 下统 | | | $O_1$ | >1018.0 | 上部石灰岩、白云质灰岩、白云岩，下部白云质灰岩、石灰岩 | 加里东运动 | |

部紫灰色灰质粉砂岩，粉砂岩夹同色厚层灰质砾岩，底为厚层状灰质砾岩。产孢粉化石。孢粉为椎叶蕨孢—光面三缝孢—内环粉组合，其特征是以裸子花粉为主，蕨类孢子次之。

(2) 白垩系

1) 下统葛村组（$K_{1g}$） 上部褐灰、青灰色泥岩，粉砂质泥岩与棕灰色粉、细砂岩不等厚互层，下夹砂砾岩，产介形、轮藻、叶肢介及鲱鲲类化石。介形类有浙江达蒙介 *Damonella* cf. *zhejiangensis* Gou)，幼小狼星介 *Lycopterocypris* cf.*infantilis* Lub.，窄达尔文介 *Darwinula contracta Mandel* 等；下部青灰色粉、细砂岩与同色砂砾岩不等厚互层，夹泥质粉砂岩及粉砂质泥岩。

2) 下统浦口组（$K_1p$） 棕灰色粉、细砂岩与棕褐色粉砂质泥岩、泥岩及棕色泥质粉砂岩互层，含团块状、条带状、纤维状石膏，底部为砾岩。

3) 上统赤山组（$K_2c$） 上部砖红色、黄棕色粉、细砂岩与棕褐色泥质粉砂岩、薄层泥岩互层；下部以砖红色细砂岩为主，夹棕褐色薄层泥岩及棕灰色砂砾岩。

4) 上统大王组（$K_2d$） 棕褐色泥岩，粉砂质泥岩及灰绿色粉、细砂岩。上部夹深灰色泥岩，含石膏，产介形及孢粉化石。介形类：女星介 *Cypridea* sp.，冠女星介 *Cristocypridea* sp.及开通介 *Kaitunia*? sp.等。孢粉为希指蕨孢—内环粉组合，其特点是以蕨类孢子为主，被子花粉较少。

*3. 新生界*

(1) 下第三系古新统泰州组（$E_1t^{\iota}$） 棕褐色含粉砂泥岩与浅棕灰、灰白色细、中砂岩间互层，底部为灰白色含砾中、粗砂岩、砂砾岩。砾石成分以石英岩为主，次有石灰岩、变质岩等。视厚度100～391米，与下伏上白垩统大王组呈不整合接触。

(2) 下第三系古新统阜宁组（$E_{1f}$） 根据岩性、电性特征，分为四个岩性段。

1) 阜一段（$E_1f^1$） 棕褐色泥岩、含粉砂泥岩与浅灰棕色细、中砂岩不等厚互层。砂泥比为1∶3，具有明显的上泥下砂韵律结构。视厚度440米，与下伏泰州组呈整合接触。

2) 阜二段（$E_1f^2$） 上部以灰黑色泥岩为主，夹灰黄色泥灰岩、纸状页岩、生物碎屑灰岩、藻鲕灰岩及藻鲕砂岩；下部为深灰、棕褐色泥岩与灰棕色粉、细砂岩互层，夹鲕粒砂岩。天长西区下部砂岩增多。鲕粒灰岩及鲕粒砂岩主要分布在王龙庄、张铺、潘庄一带。本段沉积厚度稳定，视厚度200～270米，只在半塔以西减薄至150米以下。按岩性电性特征从上至下分为五个亚段。

第一亚段（$E_1f^{2-\mathrm{I}}$）：为灰黑色泥岩夹浅灰色薄层泥灰岩。视厚度60～90米。

第二亚段（$E_1f^{2-\mathrm{II}}$）：灰黑色泥、页岩，灰黄色纸状页岩与浅灰色泥灰岩互层，视厚度10～40米。

第三亚段（$E_1f^{2-\mathrm{III}}$）：通称含鲕亚段。以灰黑色泥岩、泥灰岩为主，夹鲕粒砂（灰）岩、生物灰岩。视厚度40～70米。

第四亚段（$E_1f^{2-\mathrm{IV}}$）：通称砂岩亚段。浅灰、棕色粉、细砂岩与深灰、棕褐色泥岩互层。视度40～120米。

第五亚段（$E_1f^{2-\mathrm{V}}$）：为棕褐色泥岩夹浅棕色粉、细砂岩，东区夹灰色泥岩及鲕粒砂岩。视厚度20～50米。本段产丰富的孢粉、介形虫及轮藻化石，亦产少量腹足、鱼类、叶肢介及多毛类化石。

3) 阜三段（$E_1f^3$） 灰黑色泥岩、粉砂质泥岩与深灰色粉、细砂岩组成反韵律层。西区为砂、泥岩互层，颜色为灰、棕及棕褐色，砂岩疏松，东区砂岩致密。地层由东南向西北

减薄，视厚度 100～503.5 米。以天深 5 井为例，按沉积韵律特征自上而下分为六个亚段。

第一亚段（$E_1f^{3-I}$）：为浅灰、灰白色粉、细砂岩与灰黑色泥岩略等厚互层，厚 121 米。

第二亚段（$E_1f^{3-II}$）：深灰、灰黑色泥岩夹浅灰色粉、细砂岩，厚 55 米。

第三亚段（$E_1f^{3-III}$）：为灰黑色泥岩与浅灰、灰白色粉砂岩略等厚互层，厚 56 米。

第四亚段（$E_1f^{3-IV}$）：深灰色粉砂岩与棕褐、深灰色泥岩略等厚互层，厚 41 米。

第五亚段（$E_1f^{3-V}$）：为灰黑、棕褐色泥岩与浅灰色粉砂岩略等厚互层，夹细砂岩，厚 75 米。

第六亚段（$E_1f^{3-VI}$）：中上部棕褐、灰黑色泥岩与浅灰色粉砂岩略等厚互层。夹细砂岩；下部深灰色厚层细砂岩夹深灰色泥岩，厚 116 米。本段产孢粉、介形虫、轮藻及鱼类化石。

4）阜四段（$E_1f^4$） 灰黑色泥岩、含钙泥岩为主，夹多层浅灰黄色薄层泥灰岩，中部夹 1～3 层黄灰色纸状页岩，底部在西区夹 1～2 层深灰、灰黑色介形虫灰岩。

本段岩性单一，沉积稳定，厚度由东南向西北均匀减薄。视厚度 250～500 米。产丰富的孢粉、介形虫及轮藻化石，并产少量腹足类、叶肢介及多毛类化石。

（3）始新统戴南组（$E_2d$） 棕灰、浅灰色细、中砂岩与棕褐色泥岩、粉砂质泥岩组成韵律层。按韵律及岩性特征分为二个岩性段。

1）戴一段（$E_2d^1$） 为浅灰、灰白色细砂岩与棕褐色泥岩、粉砂质泥岩组成两个略等厚的韵律层，砂泥比为 1：1。西区下部韵律夹中、粗砂岩、含砾砂岩及砂砾岩，石梁一汊涧一带在本段底部沉积了一套以棕褐色砂质泥岩为主的泥石流相碎屑岩，视厚度 100～268 米；东区泥岩层数增多，厚度加大，并夹黑灰色泥岩，视厚度 200～387 米。本段产孢粉、介形虫、轮藻及腹足类化石。

2）戴二段（$E_2d^2$） 浅灰、棕灰色细砂岩与棕褐色泥岩、粉砂质泥岩组成两个厚度不等的韵律层，砂泥比为 2：1。本段沉积时，湖盆向东收缩，沉积范围依次缩小，西区上部韵律层部分缺失或被剥蚀。视厚度 50～524 米。本段产孢粉及少量介形虫、轮藻化石。

（4）始新统三垛组（$E_2s$） 本组地层在来安张山集、武集、自来桥等地有零星出露，为浅棕、棕红色粉、细砂岩、含砾砂岩、砂砾岩与棕红、浅棕色泥岩、粉砂质泥岩互层沉积，特点是颜色红、砂层多、厚度大、颗粒粗、杂基含量高。按岩性、电性特征分为二段。

1）垛一段（$E_2S^1$） 浅棕、灰白色粉、细砂岩、含砾砂岩与棕红、浅棕色泥岩、粉砂质泥岩不等厚互层，砂泥比为 2：1。以底部砂岩或砂砾岩与下伏地层呈假整合接触。视厚度 230～482.5 米。

2）垛二段（$E_2S^2$） 棕红色粉、细砂岩、含砾砂岩与棕红色泥岩、粉砂质泥岩不等厚互层，砂泥比为 2：1。以含砾砂岩与下伏地层呈假整合接触。视厚度 60～813 米。本段沉积范围较垛一段及戴南组有明显扩大。本组产少量孢粉、介形虫及轮藻化石。

（5）上第三系上中新统盐城组上段（$N_2y^2$） 上部灰绿、浅红棕色泥岩、粉砂质泥岩与浅黄色中粗砂岩、砂砾岩略等厚互层；中部杂色泥岩、浅棕色泥质粉砂岩夹灰黑色玄武岩；下部浅灰白、浅棕灰色含砾砂岩及黑白砾岩，砾石为石英岩、燧石，次为花岗岩、安山岩，砾径为 5～15 毫米，大者 20 毫米以上。

底以黑白砾岩与下伏三垛组呈不整合接触。视厚度 210～310 米。

（6）第四系东台组（$Q_d$） 上部黄、棕黄色粘土、砂质粘土；下部棕黄、棕灰色含砾砂层及砂砾层，砾石为石英岩、燧石及少量火山岩。以下伏盐城组上段呈假整合接触。视厚度 35～72.6 米。

### 三、下第三系沉积特征

早第三纪时期，在差异升降作用下，凹陷经历了从断陷下沉—上升、水进—水退、由河流相—湖泊相—河流相环境的演化过程。现按凹陷的四个发展阶段分述各时期的沉积特征。

*1. 形成、发展期（$E_1f$—$E_1f^1$）*

经过晚白垩世的抬升和第三纪早期的差异升降，本区显示了相对高差悬殊的古地貌。进入早第三纪初期，山区河流携带大量陆源物质向低地倾注，在全区形成了冲积扇相堆积。据分析，泰州组早期的冲积扇相主要为片泛沉积和辫状河道漫流沉积。片泛沉积的岩性为砾岩和砂砾岩，颗粒粗而混杂，砾径一般大于10毫米；辫状河道、漫流沉积的岩性以含砾中、细砂岩、砂砾岩为主，次为砂质泥岩，砾径一般小于10毫米。泰州组中、晚期至阜一段时是凹陷形成、发展的主要时期，随着凹陷的不断下沉，沉积环境由冲积扇相渐变为曲流河相。主水系为来自张八岭隆起的兴隆河。阜一段末期，凹陷继续下降，苏北湖盆湖水向西侵进，湖进可能抵达龙岗次凹，并在次凹西部形成三角洲相沉积。

*2. 稳定沉降期（$E_1f^2$—$E_1f^4$）*

在阜一段时断陷盆地初步形成的基础上，阜二至阜四段时，盆地持续稳定沉降，水体不断扩大，与苏北湖盆联成一体，是湖盆发展的全盛时期。阜二段及阜四段时，海水两度侵进湖盆，形成了近海湖泊沉积体系；阜三段时，盆地振荡上升，湖水时进时退，发育三角洲相沉积。

(1) 阜二段时沉积相特征　阜二段时，早期湖进，中期海侵，晚期水退，早期继承阜一时末期的沉积格局，湖水继续西进，在其西部形成水进型三角洲相沉积。三角洲前缘相带分布在马坝、旧铺、汊涧至大通、便宜集之间，此带砂岩发育层数多，厚度大，储油层物性好，是有利的含油岩相带。

中期湖水继续扩大，并伴有海水侵入，河流作用为湖海作用代替。含鲕亚段（$E_1f^{2-Ⅲ}$）沉积时，本区发育近海湖泊滨岸沉积体系，它包括两个大致平行岸线的浅滩：半塔滨岸浅滩和张铺—马坝岸外浅滩（图3-3-2）。岸外浅滩是在$E_1f^{2-Ⅳ}$三角洲前缘砂体上发育起来的浅滩，因浅滩所处构造位置和受河流作用强度不同，浅滩南北部物质组成各异。北部马坝浅滩由各种异化颗粒（鲕粒、球粒、内碎屑、薄叠层石、虫管）的碳酸盐岩组成；南部张铺浅滩由藻鲕粉、细砂岩及鲕粒砂质灰岩、石灰岩组成。岸外浅滩砂体是本区最有利的含油岩相带。$E_1f^{2-Ⅱ}$沉积时海浸最盛，全区为统一的浅水—深水湖泊环境。晚期（$E_1f^{2-Ⅰ}$）湖盆略有上升，西部上抬明显，海水退却，湖盆收缩，凹陷中的较高部位出现局部侵蚀现象。

(2) 阜三段时沉积相特征　阜三段时，湖盆受振荡运动影响相对上升，在总的水进背景上出现了短暂的水退，形成了三角洲相沉积（图3-3-3）。特点如下。

1) 同陆源、多水系同时入湖。据岩性和粒度资料分析，盆地西部至少有三条近于平行的水系自西向东流入盆地。南支为兴隆河，中支为王店集河，北支为盱眙河。各水系都形成独立的三角洲，横向上相带联结一起，组成统一的天长—马坝三角洲沉积体系。分布面积约2000平方公里。

2) 主砂体为粉、细砂岩，粒度自南向北逐渐变细。三角洲体最大厚度达500米以上，砂体最大厚度200米左右。

3) 三角洲经历了早期水退建设，中期水进破坏、晚期水退建设三个阶段。

4) 在三角洲发育过程中，经常受到水进作用影响，故而显示二层结构，只在三角洲发育的全盛时期（$E_1f^{3-Ⅰ}$）才呈现三层结构。

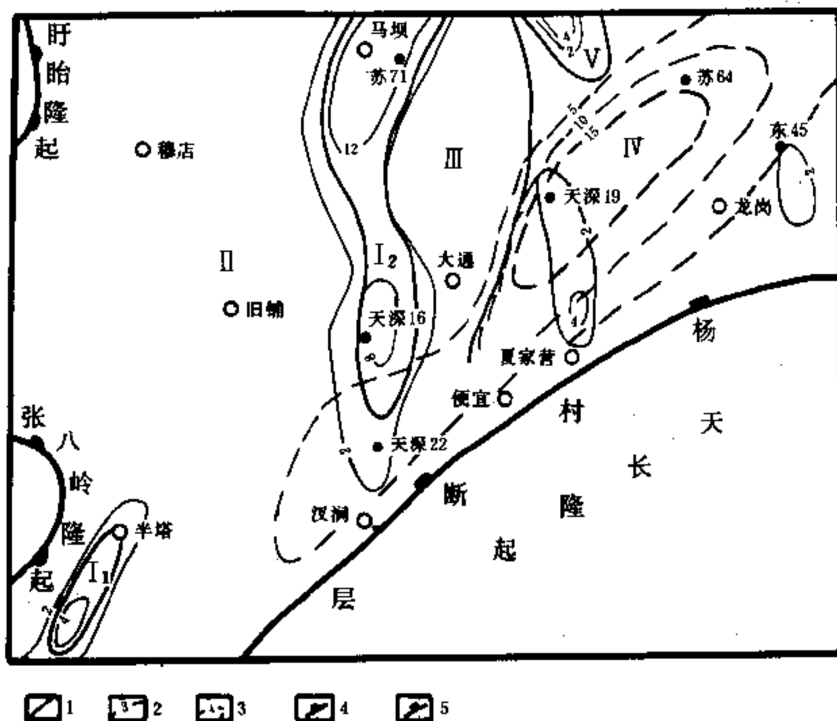



图 3-3-2 天长地区阜二段含鲕亚段岩相图

1—亚相界线；2—鲕粒（生物）灰岩等厚线（m）；3—泥灰岩等厚线（m）；4—隆起区；5—断层；Ⅰ1—滨岸浅滩亚相；Ⅰ2—岸外浅滩亚相；Ⅱ—滩内浅水亚相；Ⅲ—盆地浅水亚相；Ⅳ—盆地半深水—深水亚相；Ⅴ—水下扇扇端亚相

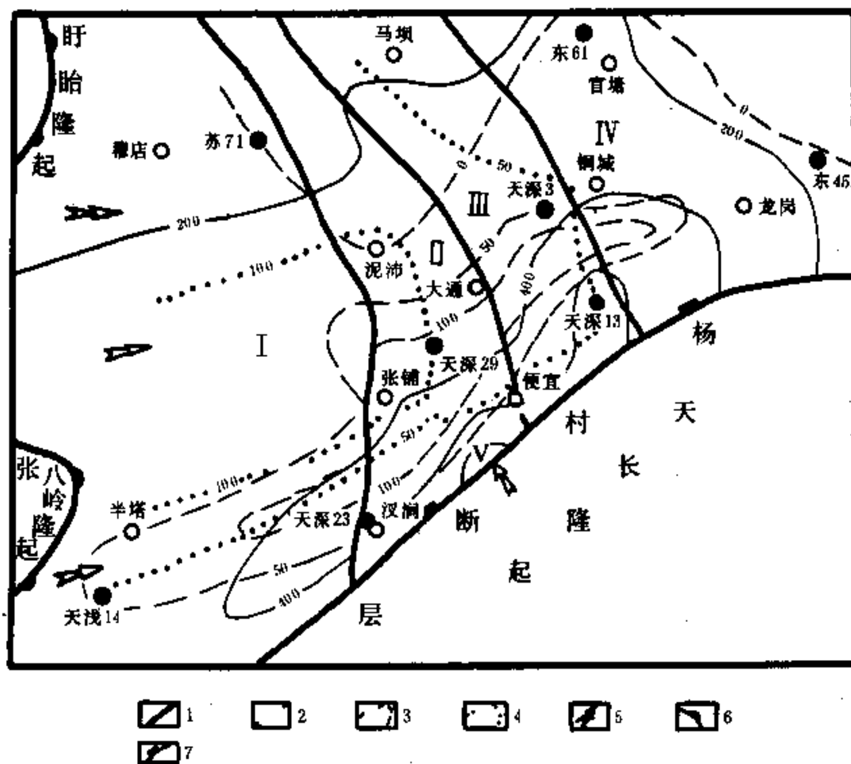



图 3-3-3 天长地区阜宁组三段岩相图

1—亚相界线；2—段厚等值线；3—细砂岩等厚线；4—粉砂岩等厚线；5—物源方向；6—隆起区；7—断层；Ⅰ—三角洲平原亚相；Ⅱ—三角洲前缘亚相；Ⅲ—三角洲前缘斜坡亚相；Ⅳ—前三角洲亚相；Ⅴ—冲积扇亚相

5）由于离陆源近，洪水期分流河道可直接进入三角洲前缘末端或前三角洲相带，故在深湖区形成浊积水道沉积。

6）三角洲体系中，主要水系与盆地内的北东向同生断裂延展方向基本一致，断裂对水道的发育和伸展有一定的控制作用。

三角洲相带分布是，泥沛—张铺以西为三角洲平原相，以东至马坝—便宜集之间为三角洲前缘相区，马坝—便宜集一线以东为前缘末端及前三角洲相区。三角洲前缘相砂体砂层发育，厚度大，物性好，孔隙度一般大于20%，渗透率数十～数百二次方微米，是本区最有利的区域含油岩相带。

(3) 阜四段时沉积相特征　经阜三时长期充填沉积，湖底地形进一步展平，随着凹陷继续下降，湖进扩大，海水再度侵入盆地，此时除在西缘舜山集一带见有滩相沉积外，盆内沉积物均由单一的黑色泥岩和薄层泥灰岩组成，纵横向变化甚小，为统一的浅水—深水湖相。末期受吴堡运动影响，海水退出，湖盆变浅缩小，西部遭受不同程度的剥蚀。

*3. 收缩期*（$E_2d$）

戴南组时期继承了吴堡运动末期差异升降的构造格局，张八岭地块继续上隆，并向东部扩展，致使盆地逐渐东移，湖盆进一步缩小。戴南组时期受两大沉积体系控制，一是冲积扇相体系，二是三角洲相体系。

冲积扇相分布在杨村断裂带的西段汊涧—石梁间。戴一时早期的泥石流沉积为其典型代表，岩性以棕褐色砂质泥岩为主，砂粒为粉砂—细砾级，棱角状，无明显结构，呈块状构造。

河流三角洲是本区的主要沉积环境，主水系为兴隆河和来自建湖隆起的官塘河，两河入湖后形成三角洲。本期三角洲发生和发育在湖盆逐渐收缩、持续水退阶段，主要是以河流作用而成的建设性三角洲。三角洲的特征与阜三段三角洲不同，特点是：以分流河道为主体的顶积层发育，平原相带宽，分布面积大，而前积层特征不明显，前缘相带较窄。

三角洲相带的展布是：戴一段三角洲平原相带分布在马坝—大通—便宜集以西，龙岗次凹为前三角洲相；二者之间为三角洲前缘相带。载二段三角洲平原相带东移至官塘—梁家营—乔田—夏家营一线，其东为前缘相带，前三角洲相带更靠近龙岗次凹中心。戴南组时期龙岗次凹长期保持湖泊沉积环境，推测深洼中暗色泥质岩发育，可能形成凹陷中新的生油岩系。

*4. 湖盆停顿上升期*

经阜宁组和戴南组时期的长期充填，盆地已基本填平补齐，从而结束了湖盆发展历史。三垛组时期，凹陷回返上升，河流横贯全区，开始了新的沉积历史时期——泛滥平原期。

垛一段时，差异升降作用加剧，周边山区继续上升，冲积扇、河流广布全区，沉积范围较戴二段时明显扩大。主河流为兴隆河，由西南向东北伸展，至铜城以东分叉，并在叉河道间形成面积较小的湖漫相沉积。主河道东南侧由于杨村断层的活动，天长隆起急剧上升，多条短急河流携带碎屑物质向北部低地倾注，并在汊涧—便宜—杨村一带形成冲积扇裙。西北侧东阳—旧铺—半塔一线以西，地形坡降较小，则形成泛滥平原相沉积。

垛二段时，盆地差异升降作用减弱，杨村断层已不再能控制地层的分布。垛二段沉积逐层向天长隆起和张八岭隆起披覆，沉积范围明显扩大。沉积环境与垛一段时相似，但由于盆地不断充填，沉积区坡降进一步减小，所以泛滥平原相较垛一段时更为发育。

**四、构造**

*1. 区域构造背景*

在区域构造上，天长地区位于苏北—南黄海盆地东台坳陷金湖—来安凹陷西南段。西为张八岭隆起，南接天长隆起，东隔菱塘桥低凸起与高邮凹陷相望，北止石港断层与东阳城次凹和三河次凹相通。下第三系分布面积 1800 平方公里，有利油气勘探面积约 900 平方公里。

中、新生代盆地基底为早古生代海相碳酸盐岩。印支—燕山早幕运动使前侏罗纪地层强烈褶皱，形成了北东向的凹陷和凸起。燕山晚幕—喜山运动，杨村断层两侧差异升降活动加剧，南侧上升，北侧下降，形成了南陡北缓，西南高、东北低的箕状凹陷。

*2. 天长地区主要断裂*

(1) 杨村断层　杨村断层由西南向东北延伸，经由汊涧（南）—石梁—杨村—小关，至高邮湖中消失，区内延长约 50 公里。断层面倾向北西，断距 3000～6000 米，是金湖—来安凹陷中控制下第三系阜宁组、戴南组分布的边界断层，对凹陷的形成和发展有着十分重要的作用。杨村断层活动时间较长，是多条断层组成的断裂带。据天深 7 井资料，断层发生在印支至燕山运动早期，初始表现为逆断层，断层向北倾斜，上盘向东南方向逆冲。燕山运动中幕，断层由压性变为张性。沿断裂带出现火山喷发。燕山运动晚幕至喜山运动是断层的主要活动时期，在引张应力场的作用下，断层经历了古新世泰州期至阜一时张裂，阜二至阜四时相对稳定，始新世早期（戴南期）两次张裂，始新世晚期（垛二段时）活动减弱并基本定型四个发展阶段。由于断层的多次活动，在断裂带两侧形成了一系列复杂多样的圈闭构造，如黄庄—石梁古潜山，八面塘、李庄滚动背斜等，是区内重要的油气聚集地带。

(2) 铜城断层　铜城断层由夏家营向北经铜城至石港断层切截消失，全长 20 公里。断层走向近南北，断层面西倾，为张扭型及张性正断层，断距 500～2000 米，断距由南向北、由下向上逐渐减小，是分割汊涧次凹和龙岗次凹的分界断层。铜城断层和铜城—夏家营断鼻带相伴而生，晚白垩世开始活动，喜山运动早期为主要活动期，断层被北东向断层复杂化，并伴随有小规模基性岩侵入。铜城断层对龙岗次凹的构造发育及油气分布都有一定的控制作用。

(3) 凹陷内的北东向断层组　如西Ⅲ$_0$、西Ⅲ、西Ⅳ、东一、东二、东三等断层。断层总走向为北东向，局部为北北东向和近东西向，延伸长一般为 10～15 公里，其性质均为反向正断层。断层在平面上成组出现，断面北倾，倾角南缓北陡，断距南大北小（400～100 米）。该断层组与阜宁组沉积同时发生和发展，是凹陷掀斜和差异压实共同作用的产物；断层生长指数 1.05～1.3。泥沛、三垛运动期继续活动，但断距相对减小，三垛运动晚期定型。本组断层与区内南北向鼻状构造带切截而形成断鼻、断块构造，是本区控制油气聚集的重要断层组。

*3. 构造区划*

根据本区的地质结构、沉积厚度、沉积相和构造发育特点，将金湖—来安凹陷划分为五个次凹，即：三河次凹、东阳城次凹、汊涧次凹、龙岗次凹和水口次凹。三河次凹和东阳城次凹位于江苏省境内，在江苏篇中叙述。水口次凹阜宁组生油层埋藏浅，勘探程度低。汊涧次凹和龙岗次凹是本区主要次凹，其特征见表 3–3–2。天长地区构造分区见图 3–3–4。

*4. 构造发育史*

晚元古代至古生代，本区为下扬子准地台的组成部分。晚元古代强烈沉降，沉积了巨厚的以泥质岩为特征的陆棚相碎屑层；早古生代海盆上升，水体变浅，沉积物渐变为台地前缘

相及开阔海台地（浅水）相碳酸盐岩。奥陶纪末期下扬子海向东南方向退缩，本区上升为陆，结束了海盆发育历史。晚古生代继续上升，仅接受了一套陆相碎屑岩沉积，本区缺失志留系及石炭、二叠系。

**表 3-3-2　天长地区汊涧次凹及龙岗次凹石油地质特征表**

| 特征＼次凹 | | 汊　涧 | 龙　岗 |
|---|---|---|---|
| 省内面积（$km^2$） | | 650 | 250 |
| $T_3^3$波组埋深（m） | | 1500～3000 | 2000～5000 |
| 阜宁组生油层 | 厚度（m） | 500～800 | 800～1000 |
| | 面积（$km^2$） | 300 | 250 |
| 阜宁组二、三段储集层 | 厚度（m） | 300 | 150 |
| | 砂体 | 岸外浅滩、三角洲前缘 | 三角洲前缘斜坡、浊积水道 |
| 主要局部构造 | 类型 | 以断鼻为主 | 以断块为主 |
| | 名称 | 上庄、西洼、张鱼沟、兴隆集、三里营、夏冯营、黄庄、张铺、谭家上庄、泥沛、潘庄、欧庄、王龙庄、冼家营、陈家营、刘家营、八面塘、大通、梁家本庄、大溪庄、傅大庄、谢家冲、何家老庄 | 吴庄、乔田、夏家营、张庄、铜城、大余庄、龙岗、李庄、党连庄 |
| 二级含油构造带 | | 泥沛—张铺断鼻带 | 铜城—夏家营断鼻带 |
| | | | 卞塘—杨家坝断鼻带（位于江苏省境内） |
| | | 杨村断超—潜山带 | |
| 油田和含油构造 | | 王龙庄、潘庄、欧庄、张铺、陈家营 | 乔田、吴庄 |

中生代初期，本区继续上升，区域缺失三叠系，印支至燕山运动早幕是本区重要的褶皱运动，它使本区东南侧逆掩褶皱，形成天长隆起，北西侧强烈挤压褶皱，成为后期沉积的主要陆源区。晚侏罗世，应力场松驰，断裂深度加大，开始中酸性岩浆侵入，随后安山岩大量喷发。早白垩世燕山运动中幕，受区域张扭应力场影响，产生了一组北西向的张断裂，形成了分布局限的断陷型小盆地，堆积了下白垩统暗色砂、泥岩。晚白垩世燕山运动晚幕，在引张应力作用下，北东向块断活动明显加剧，堆积了厚约2000余米的红色陆相碎屑岩。此时凹陷中的三个近南北向的构造带开始呈现鼻状隆起。北东向的断裂构造和近南北向的鼻状隆起为新生代的构造发展奠定了基础。

新生代早期，在区域引张应力场作用下，杨村断层差异升降运动加剧，断层北侧强烈下降，形成了南断北超的箕状凹陷，堆积了巨厚的古新世到始新世红色碎屑岩及暗色泥岩。在断裂作用控制下，凹陷经历了形成发展（泰州组—阜宁组一段）—稳定沉降（阜宁组二至四段）—收缩（戴南组）—停顿、上升（三垛组）四个发展阶段和五期构造运动（吴堡期、真武期、三垛期、凡川期和黄海期）。其中吴堡和三垛两期构造运动在区内反映比较强烈，影响较大，对第三纪构造发育和油气分布有重要意义。

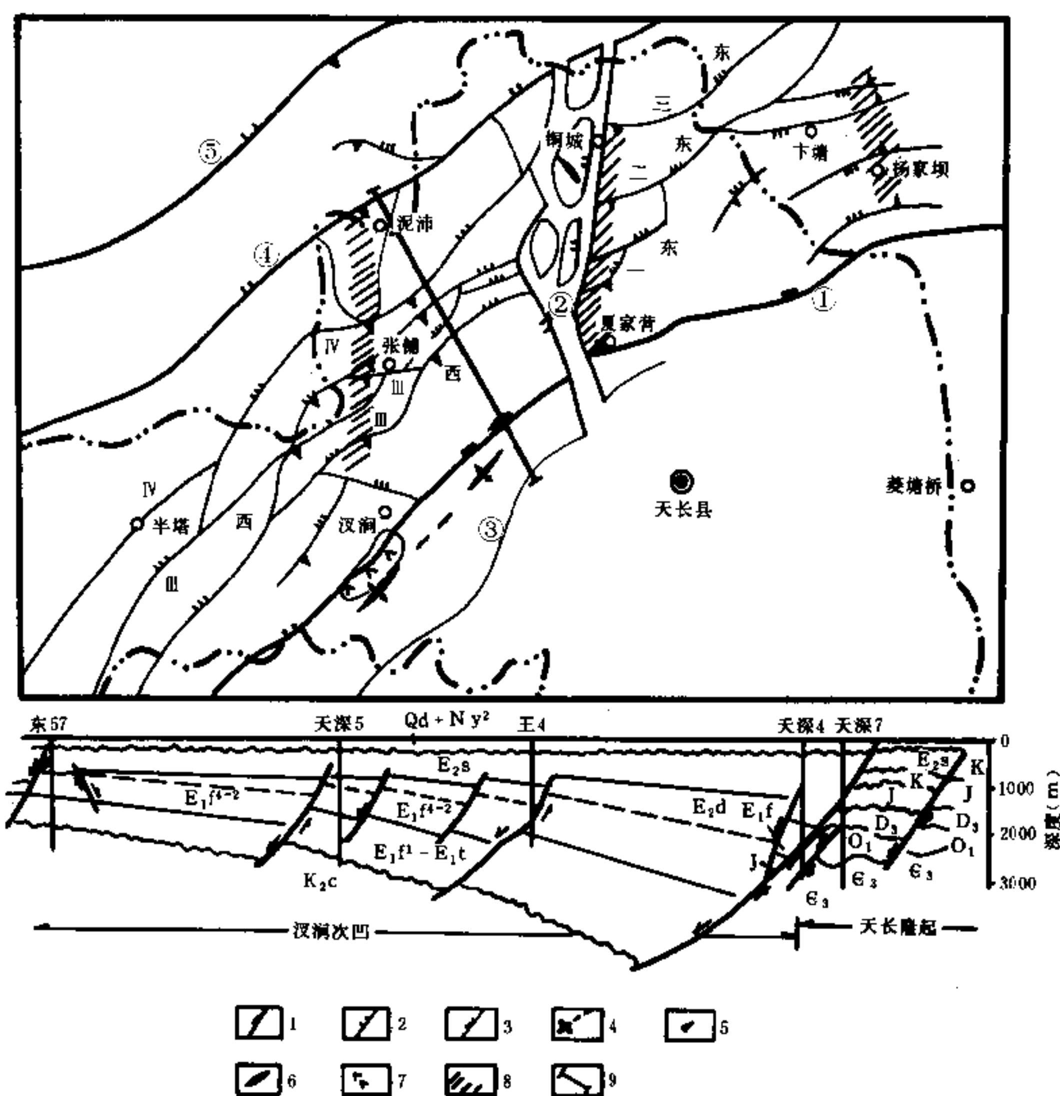



图 3-3-4　天长地区构造分区图

1—一级断层；2—二级断层；3—三级断层；4—黄庄潜伏背斜；5—断鼻；6—短轴背斜；7—基性侵入体；8—二级构造带；9—剖面线；①—杨村断层；②—铜城断层；③—东新街断层；④—石港断层；⑤—刘庄断层

吴堡运动发生在古新世，是引起凹陷早期强烈下陷、中期稳定沉积、形成统一沉积盆地、产生北东向同沉积反向正断层和局部构造的重要构造运动。

三垛运动发生在始新世晚期，是凹陷回返上升结束沉降、北东向和近南北向断层结束活动、二级构造带和局部构造定型、最终形成复杂断裂系统的又一次重要的构造运动。

**五、生储盖组合**

*1. 生油层*

(1) 生油层的地质特征　天长地区已证实的生油层是下第三系阜宁组二至四段，岩性以深灰、黑色泥岩为主，但各段生油层的岩性和沉积特点不尽相同：阜四段以深灰、灰黑色泥岩、含灰质泥质为主，夹薄层浅黄灰色泥灰岩及灰黑色介形虫灰岩，富含介形虫、轮藻、孢粉等化石，属浅湖至深湖相沉积；阜三段生油层集中在三、四、六亚段，为深灰—灰黑色泥

岩、粉砂质泥岩，含介形虫、孢粉、轮藻及鱼类化石，属滨浅湖三角洲相沉积；阜二段生油层集中于一、二、三亚段，岩性为灰黑色泥岩、泥页岩、纸状页岩、泥灰岩，富含介形虫、轮藻、孢粉等化石，属半深湖至深湖相沉积。

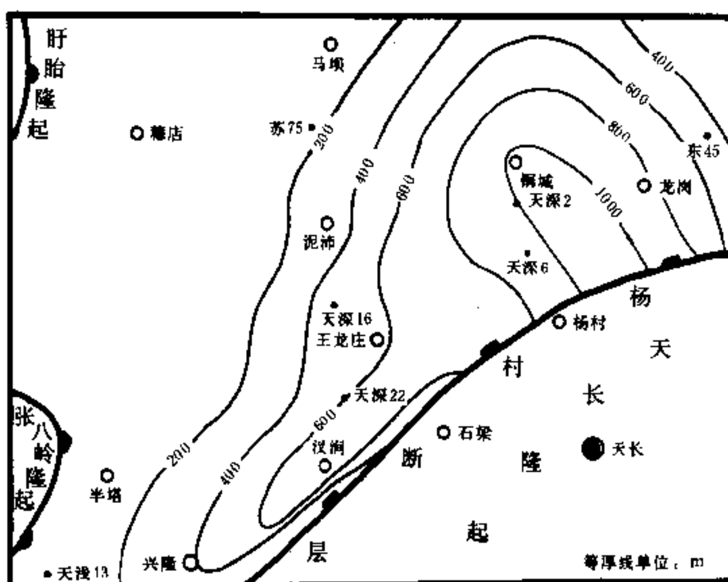



图 3-3-5 天长地区阜宁组二—四段暗色泥岩等厚图

阜宁组暗色泥岩累计最大厚度在 1000 米以上，如图 3-3-5 所示。厚度大于 500 米的暗色泥岩分布在秦营—王龙庄—田家岗一线以东，面积 516 平方公里，约占有利勘探面积五分之三，本区东部暗色泥岩厚度大于西部的厚度。阜宁组暗色泥岩顶部埋藏深度（见图 3-3-6）的总趋势是东深西浅，秦营—官塘—龙岗一线以内为埋深 1800 米线所包围，东、西各有一个深凹陷。暗色泥岩发育情况及厚度，均表明了生油层东部优于西部。

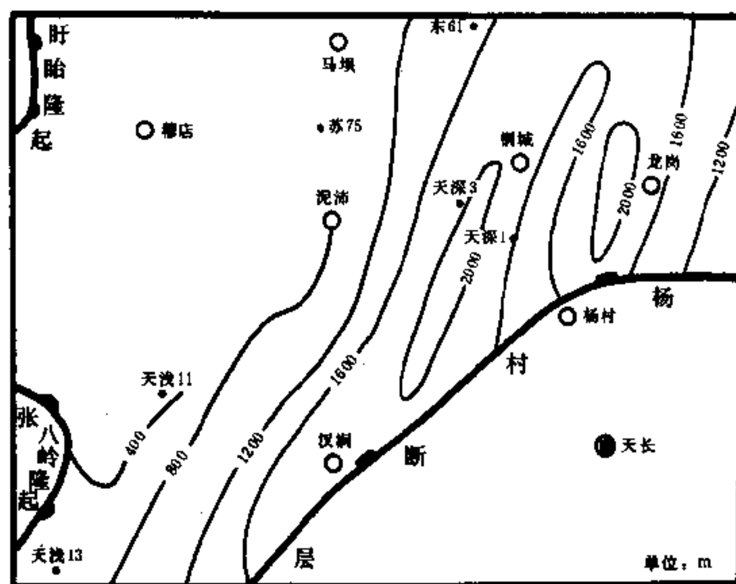



图 3-3-6 天长地区阜宁组生油层顶部埋藏深度图

（2）生油层的地球化学特征 有机碳含量较高，频率以 1～1.5%占优势，各段平均值皆大于 1%，其中以阜四段最高，次为阜二、三段。氯仿沥青“A”以阜四段及阜二段含量较高，平均值大于 0.1%，阜三段较低，以 0.05～0.1%占优势。总烃含量普遍较低，以小于 200ppm 占优势，仅阜四段平均含量大于 200ppm。阜宁组生油层有机质丰度属高有机碳、中等氯仿沥青“A”、低烃含量为特征，见表 3-3-3。

据阜宁组生油层的可溶有机质特征（表 3-3-4），各段饱和烃平均含量为 10.5～27.65%，芳香烃含量较低为 5.08～8.67%，非烃+沥青质百分含量较高为 63.68%～84.2%。Pr／$nc_{17}$ 及 Ph／$nc_{18}$ 值较高，而 Pr／Ph 比值较低，显示了母质类型属于混合型而又接近于腐植型。族组分三角图上，各层段的点集中于非烃加沥青质端点，与陕北延长统相似，但饱和烃大于芳香烃，饱／芳比大于 3，又属于非煤系地层的腐植

型。芳香烃红外光谱、热解色谱资料反映了阜宁组生油层以混合型中腐植-腐泥型占优势。综合上述资料说明阜宁组有机母质类型属混合型，并以腐植-腐泥型为主。

**表 3-3-3　天长地区阜宁组生油层有机质丰度表**

| 层位 | 有机碳 | | 氯仿沥青"A" | | 烃含量 | | 烃／有机碳 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平均值（%） | 样数（个） | 平均值（%） | 样数（个） | 平均值（%） | 样数（个） | 平均值（%） | 样数（个） |
| $Ef^4$ | 1.45 | 9 | 0.146 | 11 | 0.0238 | 9 | 0.017 | 9 |
| $Ef^3$ | 1.15 | 8 | 0.053 | 8 | 0.0160 | 8 | 0.014 | 8 |
| $Ef^2$ | 1.39 | 3 | 0.131 | 7 | 0.0146 | 3 | 0.009 | 3 |

**表 3-3-4　天长地区阜宁组生油层可溶有机质组成特征表**

| 项　目 | | $E_1f^4$ | $E_1f^3$ | $E_1f^2$ |
|---|---|---|---|---|
| 氯仿沥青"A"族组成 | 饱和烃（%） | 16.78 | 10.5 | 27.65 |
| | 芳香烃（%） | 5.08 | 5.3 | 8.67 |
| | 饱／芳 | 4.40 | 3.1 | 3.47 |
| | 非烃+沥青质（%） | 77.98 | 84.2 | 63.68 |
| | 非+沥／总烃 | 4.4 | 5.5 | 2.8 |
| 异戊间二烯烷烃 | $Pr/nC_{17}$ | 0.69 | 0.83 | 0.99 |
| | $Ph/nC_{18}$ | 1.24 | 0.86 | 1.24 |
| | Pr／Ph | 0.34 | 0.50 | 0.78 |

阜宁组生油层降解潜率平均为 26.9%，生油潜量为每吨生油岩平均可生成 4.6 千克烃，比江苏下第三系混合型生油岩平均降解潜率 38%和生油潜量 8 千克／吨要低，而与黄骅地区下第三系降解潜率 25%和生油潜量 4 千克／吨相近，表明阜宁组生油岩属于中等质量。

综合生油层的地质、地球化学特征，参照我国陆相生油层评价分类标准，天长地区阜宁组生油层属好—较好生油岩，如表 3-3-5。

(3) 有机质的热成熟度及其演化特征　根据成油学说，生油层研究中有机质的丰度、质量、类型固然重要，但更重要的是必须确定其热成熟度及有机质所处的热演化阶段。考虑到母质类型对热成熟度的影响，选择阜四段泥质岩混合型有机质的热演化进行了重点研究。根据氯仿沥青"A"、族组分等多项指标（图 3-3-7）分析，1720 米是有机质热演化的转折点，即开始进入生油门限的深度，在其下多为高值峰。最高热解峰温 443℃，最小正烷烃的 OEP 值为 1.17，沥青转化系数 4～12%，烃转化率仅 0.5～3.5%，产率指数为 2～6%，说明阜宁组生油层（特别是阜四段）有机质的热成熟度和热解成油（气、烃类）的转化率均较低。但需说明，埋深在 2360 米以下的次凹中心部位目前尚无生油分析资料，用劳帕汀法试

算了阜宁组生油层的 TTI 值，计算出开始生油的门限深度为 1720 米，生油门限温度为 69.4℃。根据新生代埋藏史资料，阜宁组生油岩的成油期自三垛组沉积的早、中期已开始，至今尚未结束。

**表 3–3–5　天长地区阜宁组生油层地质地化特征表**

| 项目 | | | 阜四段 | 阜三段 | 阜二段 |
|---|---|---|---|---|---|
| 地质特征 | 湖盆类型 | | 近海湖盆 | 近海湖盆 | 近海湖盆 |
| | 岩相 | | 浅水—深水湖相 | 三角洲相 | 半深水—深水湖相 |
| | 生油剖面 | | 泥岩夹泥灰岩型 | 泥岩型 | 泥岩夹石灰岩型 |
| | 岩性 | | 深灰—黑色泥岩夹泥灰岩 | 灰—黑色泥岩 | 深灰—黑色泥岩夹少量石灰岩 |
| | 生物化石 | | 水生生物及陆生植物丰富 | 水生生物及陆生生物丰富 | 水生生物及陆生植物丰富 |
| | 原生指相矿物 | | 黄铁矿 | / | 黄铁矿 |
| | 暗色层埋藏深度（m） | | 937.5～2355 | 1112～2669 | 1512～2771.5 |
| | 暗色层厚度（m） | | 80.5～357 | 39～399.5 | 41.5～135 |
| | 暗色层单层厚度（m） | 最大 | 8.5～91.5 | 0.5～71.0 | 5.5～31.5 |
| | | 最小 | 0.5～1.5 | 0.5～1.0 | 0.5 |
| | | 平均 | 6.0～13.0 | 2.0～5.5 | 1.5～4.5 |
| 地化指标 | 有机碳% | | 1.533 | 1.10 | 1.069 |
| | 氯仿沥青“A”% | | 0.146 | 0.053 | 0.131 |
| | 烃含量 ppm | | 314.2 | 155.5 | 379 |
| | 饱和烃／芳香烃 | | 4.4 | 3.1 | 3.47 |
| | 沥青 A／有机碳 | | 0.099 | 0.046 | 0.094 |
| | 烃／有机碳 | | 0.021 | 0.014 | 0.027 |
| | OEP 值 | | 1.27 | 1.34 | 1.22 |
| | 姥鲛烷／植烷 | | 0.41 | 0.46 | 0.78 |
| | 生油潜量 $S_1+S_2$(kg／t) | | 6.16 | 3.91 | 2.97 |
| | 母质类型 | | 腐植–腐泥型 | 腐泥–腐植型 | 腐泥–腐植型 |

阜宁组生油层有机质生成的原油属于重质油和中质油，湿气很少，尚未发现轻质油。西部潘庄油田和张铺含油构造的阜三段油藏则属于重质稠油。

(4) 生油层的评价　根据生油层的地质特征、地球化学特征（表 3–3–5）、有机质的热成熟度、单位面积原始生油潜量、单位面积初次运移量、运移系数、Ⅲ类原始生油潜量等指标对阜宁组各段进行综合评价：纵向上以阜四段生油层最好，不足之处是埋藏浅、成熟度较

低、单层厚度大、不易排烃，有效生油面积小；阜二段生油层埋藏较深，已进入成熟阶段，不足是生油层厚度、运移系数及初次运移量皆较小；阜三段为砂岩、泥岩的互层，利于排烃，但原始生油潜量小，初次运移量不大，埋深介于两段之间。在平面上，汊涧次凹阜宁组生油层有机质大部分未成熟，有效生油岩厚度和面积相对较小；而龙岗次凹生油层有机质成熟度较高，有效生油层厚度和面积较大，为本区主要生油区。

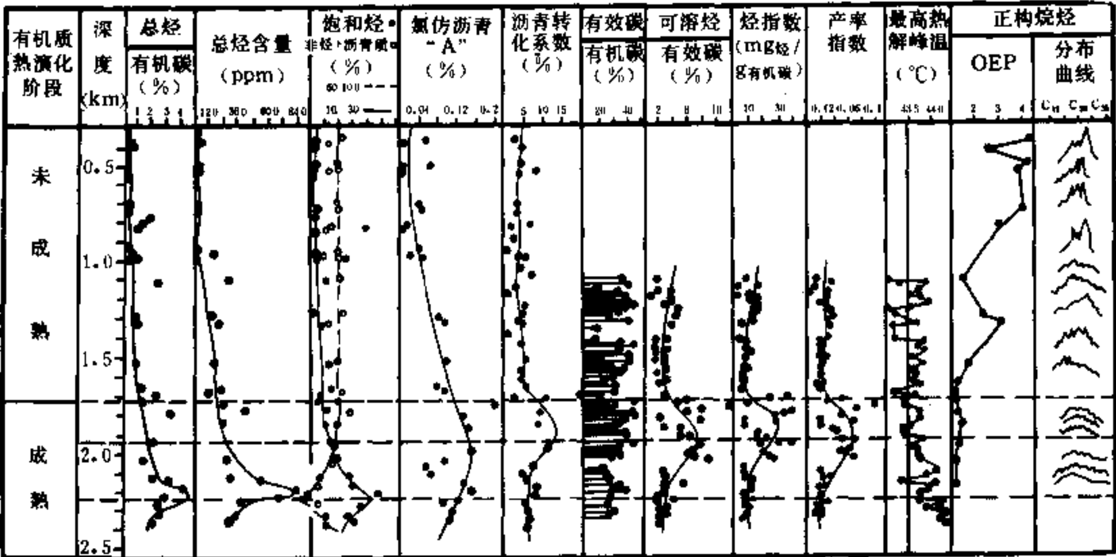



图 3-3-7　天长地区阜四段泥质岩混合型有机质热演化综合剖面曲线图

*2. 储集层*

天长地区下第三系储集层，按岩性可分为砂质岩储集层、碳酸盐岩储集层和辉绿岩储集层，以砂质岩储集层最发育；按储集类型可分为孔隙型、孔隙—裂隙型和裂隙型三类，以孔隙型为主。

(1) 砂质岩储集层　早第三纪时期，天长地区位处苏北盆地西部，主要陆源区张八岭隆起的前沿，有丰富的陆源碎屑。除阜四段以外，下第三系各组、段的砂质岩储集层都十分发育（见表 3-3-6）。

从表 3-3-6 可见，剖面上砂质岩储集层以三垛组、戴南组、泰州组最发育，约占地层总厚度的 50%，其次是阜三段和阜一段。平面上自西向东的砂质岩有总厚度减小，单层厚度变薄的趋势。

在下第三系砂质岩中，三垛组及戴南组以中、细砂岩为主，含有少量粗砂岩、砂砾岩及砾岩，而阜宁组几乎全为细砂岩和粉砂岩，少量为鲕粒砂岩。各组段砂岩储集层物性见表 3-3-7。

阜宁组砂质岩储集层的特征如下。

1) 岩性特征　阜宁组储集岩主要为细砂岩和粗粉砂岩，其次为细粉砂岩、鲕粒砂岩。平均粒径 0.083～0.126 毫米，颗粒呈次棱—次圆状，分选系数 1.32～1.58。矿物成分以石英为主，占 65～80%；次为长石，占 15～25%；岩屑占 10%左右。岩屑成分为千枚岩、石英岩、安山岩及少量沉积岩。胶结物以白云石为主，次为方解石，二者含量占 5～25%；泥质含量少，占 2～5%，主要为高岭石和伊利石。胶结类型以孔隙式为主，次为接触式及基底

式。

2）孔隙类型　据铸体薄片、压汞及扫描电镜资料，阜宁组储集岩存在六种孔隙结构类型：

**表 3-3-6　天长地区下第三系各组、段砂质岩厚度统计表**

| 层位 | | 砂质岩厚度（m） | | 砂质岩占地层厚度% | | 统计井数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 组 | 段 | 范围值 | 平均值 | 范围值 | 平均值 | |
| 三垛组 | $Es^2$ | 146.5～476.5 | 305.8 | 42.9～78.2 | 58.5 | 13 |
| | $Es^1$ | 61.0～291.5 | 184.7 | 35.5～76.1 | 57.4 | 13 |
| 戴南组 | $Ed^2$ | 36.5～295.0 | 129.8 | 46.3～68.2 | 55.5 | 17 |
| | $Ed^1$ | 74.5～197.0 | 128.1 | 34.2～60.2 | 47.1 | 14 |
| | $Ed^0$ | 36.0～60.0 | 48 | 21.4～22.4 | 21.9 | 2(天深 4、23 井) |
| 阜宁组 | $Ef^4$ | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | $Ef^3$ | 110.0～206.5 | 177.8 | 21.4～46.2 | 38.5 | 6 |
| | $Ef^2$ | 30.5～58.0 | 47.4 | 14.1～23.3 | 19.5 | 5 |
| | $Ef^1$ | 174 | 174 | 40 | 40 | 1(天深 5 井) |
| 泰州组 | | 185 | 185 | 47 | 47 | 1(天深 5 井) |

①粒间孔隙：孔隙大小与粒度、分选性密切相关，一般为 30～50$\mu$，部分达 50～100$\mu$，分布较均匀，面孔率 5～10%，最高达 15%。

②粒间溶蚀孔隙：由粒间填隙物或交代物溶解以及颗粒边缘溶蚀而成，孔隙大小一般为 50～100$\mu$，最大达 200$\mu$，面孔率 7～13%。各段溶蚀作用强度不一，分布也不均匀，总体上阜三段比阜二段强，粒间溶孔也较发育。

③铸模孔隙：分布较普遍，但数量较少。

④超大孔隙：阜三段中常见，但数量较少。

⑤组分内溶蚀孔隙：有长石溶孔、燧石溶孔、碳酸盐颗粒溶孔及胶结物晶粒溶孔。

⑥微裂隙：阜二段常见，缝宽 10～20$\mu$。

从总体上看，阜宁组砂岩储集层孔隙以粒间孔和粒间溶蚀孔为主，其次为铸模孔；超大孔、组分内溶孔和微裂缝较少。

3）成岩作用对储集层的影响　根据混层中蒙脱石的含量及各种自生矿物的形态、分布等标志，结合北京石油勘探开发科学研究院的分类标准综合分析，阜宁组储集层的埋藏成岩作用阶段处于后生期的早、中亚期。

第一、压实作用：压实作用随地层的埋深增大而加强，从总体来看，层位上阜二段较强，阜三段较弱；地区上东部较强，西部较弱。

第二、胶结充填作用：阜宁组砂岩胶结物主要为碳酸盐矿物，其次有少量硅质和自生粘土矿物。碳酸盐矿物以铁白云石和含铁白云石为主，次为方解石。铁白云石是泥晶—细粉晶

表 3-3-7　天长地区阜宁组砂岩储集层物性表

| 地区 | 层位 | 构造名称 | 井号 | 取样深度 (m) | 孔隙度（%） | | | 渗透率（$\times10^{-3}\mu m^2$） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 范围值 | 平均值 | 统计块数 | 范围值 | 中值 | 统计块数 |
| 西部 | $E_f^{3-I}$ | 潘庄 | 潘 2 | 1083.32～1126.60 | 33.49～11.11 | 23.75 | 81 | 1741.66～2.36 | 62.21 | 81 |
| | | 张铺 | 张 1 | 1214.14～1230.14 | 30.55～12.30 | 22.87 | 34 | 1334.78～0.16 | 84.66 | 34 |
| | | 刘家营 | 刘 1 | 1161.60～1165.63 | 22.27～16.02 | 18.70 | 17 | 577.73～5.88 | 108.79 | 17 |
| | | 王龙庄 | 王 3 | 1360.28～1361.60 | 28.35～22.02 | 25.59 | 8 | 290.98～19.54 | 110.08 | 8 |
| | $E_f^{3-III}$ | 王龙庄 | 下 6 | 1528.42～1584.25 | 27.82～17.62 | 24.51 | 13 | 579.12～5.08 | 107.12 | 13 |
| | $E_f^{2-III}$ | 王龙庄 | 王 1 | 1721.08～1728.31 | 23.36～10.52 | 17.58 | 14 | 934.05～4.58 | 72.11 | 14 |
| | | 陈家营 | 天深 29 | 1658.52～1662.66 | 20.90～16.91 | 19.02 | 4 | 104.31～17.59 | 102.72 | 4 |
| | $E_f^{2-IV}$ | 王龙庄 | 王 1 | 1773.01～1773.88 | 24.83～14.83 | 19.01 | 5 | 400.31～6.88 | 17.03 | 5 |
| 东部 | $E_d^2$ | 乔田 | 天深 17 | 1529.00～1563.0 | 23.44～16.48 | 19.40 | 3 | 69.76～60.64 | 63.87 | 3 |
| | $E_d^1$ | 乔田 | 大深 17 | 1643.00～1673.0 | 22.27～16.76 | 20.13 | 3 | 259.95～92.49 | 129.95 | 3 |
| | $E_f^{3-V}$ | 乔田 | 天深 11 | 2347.00～2350.0 | 15.19 | 15.19 | 1 | 15.55～1.33 | 1.44 | 3 |
| | $E_f^{2-IV}$ | 乔田 | 天深 6 | 1980.00～2002.0 | 15.49～6.80 | 12.24 | 4 | 72.18～1.23 | 6.27 | 4 |
| | | 乔田 | 大深 13 | 2162.00～2195.0 | 10.60～8.79 | 9.56 | 3 | 7.05～0.35 | 0.62 | 3 |
| | $E_f^1$ | 乔田 | 天深 6 | 2120.07～2122.48 | 11.65～5.67 | 10.44 | 7 | 33.20～0.18 | 1.40 | 7 |

状，方解石、白云石晶形较大，多是粗粉晶—细晶状。碳酸盐矿物在砂岩粒间孔隙中直接沉淀、生长或交代，使孔隙喉道缩小，物性变差。碳酸盐胶结作用随其含量的增加而增加。

阜宁组砂岩中自生高岭石和石英次生加大也较普遍。自生高岭石是斑点状分布于粒间孔隙中，扫描镜下呈书页状集合体全部或部分地充填了粒间孔隙；石英次生加大以阜二段最为发育，半充填或局部全充填了粒间孔隙。上述作用明显地缩小了砂岩的原生粒间孔隙，影响了砂岩的储油性能。但阜宁组砂岩溶蚀作用相当普遍，又促使了次生孔隙的发育，尤以碳酸盐矿物和长石的溶蚀作用较强，形成了大量次生孔隙，在一定程度上又成为阜宁组砂岩的主要储集空间。

(2) 碳酸盐岩储集层　碳酸盐岩主要为泥灰岩、鲕灰岩两种。泥灰岩较集中地分布在阜四段及阜二段的二、三两个亚段中，单层厚 1～2 米，属裂隙型储集层，在一些井中见含油显示，潘庄油田天深 16 井试获了油流。鲕灰岩主要分布在阜二段的第三亚段，纵向、横向上系鲕粒砂岩、砂岩相变。鲕灰岩多含有数量不等的陆源碎屑，鲕径小，0.1～1 毫米，主要为正常鲕，少量表鲕，填隙物多为泥晶方解石，粒间孔较发育，物性较好，含油显示较普遍，是仅次于砂岩的重要储集层。

(3) 辉绿岩储集层　辉绿岩在下第三系各组中均有分布，层位极不稳定，局部地区井下(如天深 6 井阜一段) 在辉绿岩裂隙中见原油。

*3. 盖层*

下第三系阜宁组泥岩发育，有多套良好的区域盖层和局部盖层。

(1) 区域盖层　以阜四段最好，全段岩性为泥岩夹薄层泥灰岩及纸状页岩，厚度大，东区厚约 400 米，西区厚约 200 米，全区分布稳定、广泛，为区内优良的区域盖层和圈闭遮挡层；其次为阜二段上部的 Ⅰ、Ⅱ 亚段，为泥岩夹泥灰岩及纸状页岩，东区厚约 120 米，西区厚约 80 米，沉积稳定，全区广布，为良好的区域盖层。

(2) 局部盖层　区内可作为局部盖层的层段有：戴一段一亚段及三亚段上部；戴二段一亚段及三亚段上部；阜三段二、三、四、五、六亚段上部；阜二段三亚段下部及五亚段。这些层段泥岩相对比较集中，但一般纯度较差，常含有粉砂，有时还夹有少量的粉、细砂岩。上述阜三段六亚段及阜二段三亚段，是区内较好的局部盖层。本区下第三系物源主要来自西部，因而自西向东，泥质岩有增多变厚的趋势，所以盖层条件东部优于西部。根据盖层质量可将本区盖层分为三类，Ⅰ类为区域盖层，Ⅱ—Ⅲ类为局部盖层。泥质岩盖层评价见表 3-3-8。

*4. 生储盖组合及评价*

经过近二十年的初步勘探，天长地区已在六个层段中见到了工业油气藏，形成了六套生储盖组合。

(1) 阜三段一亚段—阜四段组合　阜二、三、四段暗色泥岩为生油层，阜三段一亚段顶部砂岩为储集层，阜四段泥岩为盖层。本组合是天长西区主要储盖组合之一，潘庄油田、张铺含油断块原油主要产于本组合中。

(2) 阜三段五—六亚段组合　阜三段五—六亚段是本区西部较好的自生自储组合，储集层为三角洲前缘相河口沙坝砂体，厚度大，物性好，是王龙庄油田产能较高的储集层。

(3) 阜二段一—三亚段组合　阜二段一、二亚段及三亚段中下部为生油层，三亚段上部为储集层，一、二亚段为盖层。储集层为岸外浅滩相含鲕砂岩，单层厚度小，次生孔隙和裂隙发育，单井产量高，是王龙庄油田主要产油组合。

**表 3-3-8　天长地区下第三系泥质岩盖层评价表**

| 层位 | | | 所处剖面位置 | 岩性 | 厚度(m) | 评价 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 组 | 段 | 亚段 | | | | 东部 | 西部 |
| 戴南组 | 二 | Ⅰ | | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 0～110 | Ⅱ－Ⅲ | ／ |
| | | Ⅲ | 上部 | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 10～20 | Ⅲ | Ⅲ |
| | 一 | Ⅰ | | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 20～110 | Ⅱ | Ⅲ |
| | | Ⅲ | 上部 | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 10～60 | | |
| 阜宁组 | 四 | | | 泥岩、页岩夹泥灰岩 | 200～400 | Ⅰ | Ⅰ |
| | 三 | Ⅱ | 上部 | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 5～70 | Ⅱ | Ⅲ |
| | | Ⅲ | 上部 | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 10～25 | | |
| | | Ⅳ | 上部 | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 10～40 | | |
| | | Ⅴ | 上部 | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 10～55 | | |
| | | $Ⅵ^1$ | 上部 | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 西部 5～15；东部 30± | | |
| | | $Ⅵ^2$ | 上部 | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 西部 20～45 | | |
| | 二 | Ⅰ＋Ⅱ | | 泥岩、页岩夹泥灰岩 | 80～120 | Ⅰ | Ⅰ |
| | | Ⅲ | 中下部 | 泥岩夹泥灰岩、鲕状灰岩 | 35～55 | Ⅱ | Ⅱ |
| | | Ⅴ | | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉细砂岩 | 30～45 | Ⅱ | Ⅱ－Ⅲ |

(4) 阜二段三—四亚段组合　阜二段为生油层，阜二段四亚段砂岩为储集层，阜二段三亚段为盖层，为侧向互变式的生储盖组合，是王龙庄油田重要产油组合。

(5) 阜一段顶部组合　阜二至阜四段泥质岩为生油层，阜一段砂岩为储集层，阜二段泥岩及阜一段辉绿岩为盖层，为侧向互变式的生储盖组合，是乔田构造主要产油组合。

(6) 新生古储型组合　下第三系阜宁组泥岩为生油层，中古生代砂岩及碳酸盐岩为储集层和盖层，八面塘构造天深 4 井奥陶系石灰岩中的含油显示即属此种组合类型。

上述六套组合均已不同程度地见到了工业油气流或含油显示，就总体而言，阜二、三段生储盖组合条件较好，是本区较好的储油组合和近期勘探的目的层；戴南组、三垛组储集层发育，但生油条件和盖层较差，在目前的勘探区内虽见到了不少油气显示，但尚未突破工业油流关。

天长地区各油田及含油构造油层分布见图 3-3-8。

**六、油气藏**

*1. 油气藏类型*

天长地区已发现的油气藏和预测的油气藏可分为以下两大类（见图 3-3-9）：

(1) 构造油藏　又分为断层油藏和背斜油藏两类。

1) 断层油藏　按断层遮挡条件与构造线的关系分为四种型式：

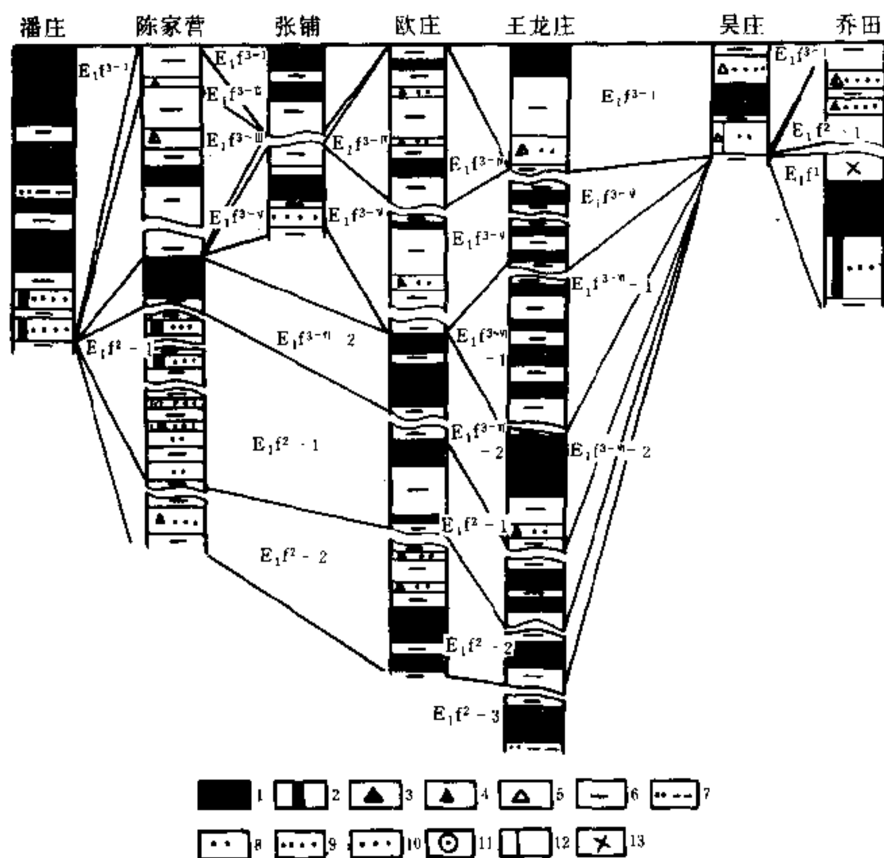



图 3–3–8　天长地区油田及含油构造油层分布示意图

1—油层；2—油浸；3—油斑；4—油迹；5—荧光；6—泥岩；7—粉砂质泥岩；8—粉砂岩；9—细砂岩；10—中砂岩；11—鲕粒；12—灰质；13—辉绿岩

①反向正断层与鼻状褶曲结合形成的油藏。如王龙庄油田东断块阜二段油藏（图 3–3–9A）和潘庄油田阜三段顶部油藏（图 3–3–9B），前者鼻状褶曲是由断层的正牵引作用，在断层上升盘形成断鼻圈闭；后者鼻状褶曲与白垩系鼻状构造有明显继承关系。

②弧形正断层与单斜地层相结合形成的油藏。如张铺阜三段顶部油藏（图 3–3–9C），在单斜层上倾方向被同向凸出的正断层遮挡形成圈闭。

③交叉正断层与单斜地层结合形成的断块油藏。如王龙庄油田西断块阜二段油藏（图 3–3–9D）。

④边界断层与鼻状褶曲结合形成的油藏。如夏家营断鼻（图 3–3–9E），这种鼻状褶曲的形成与古生界碳酸盐岩基底凸起和差异压实作用有关，预测有形成油藏的可能。

2）滚动背斜油藏　是发育在边界断层下降盘一侧，由于张裂和差异压实的共同作用，砂、泥岩层向着边界断层重力下滑造成地层回倾，剖面上显示有幅度不大的背斜，如八面塘滚动背斜（图 3–3–9F），该构造已钻探的三口井均见到了含油显示，并试出少量油流。

(2) 地层油气藏　是指古生界碳酸盐岩为储集层的潜山型油气藏，如八面塘古潜山型二氧化碳气藏，该气藏是由杨村边界断层上升盘的下奥陶统泥质灰岩储集层与下降盘阜宁组泥岩断超遮挡而形成的。

2. 油气藏形成条件

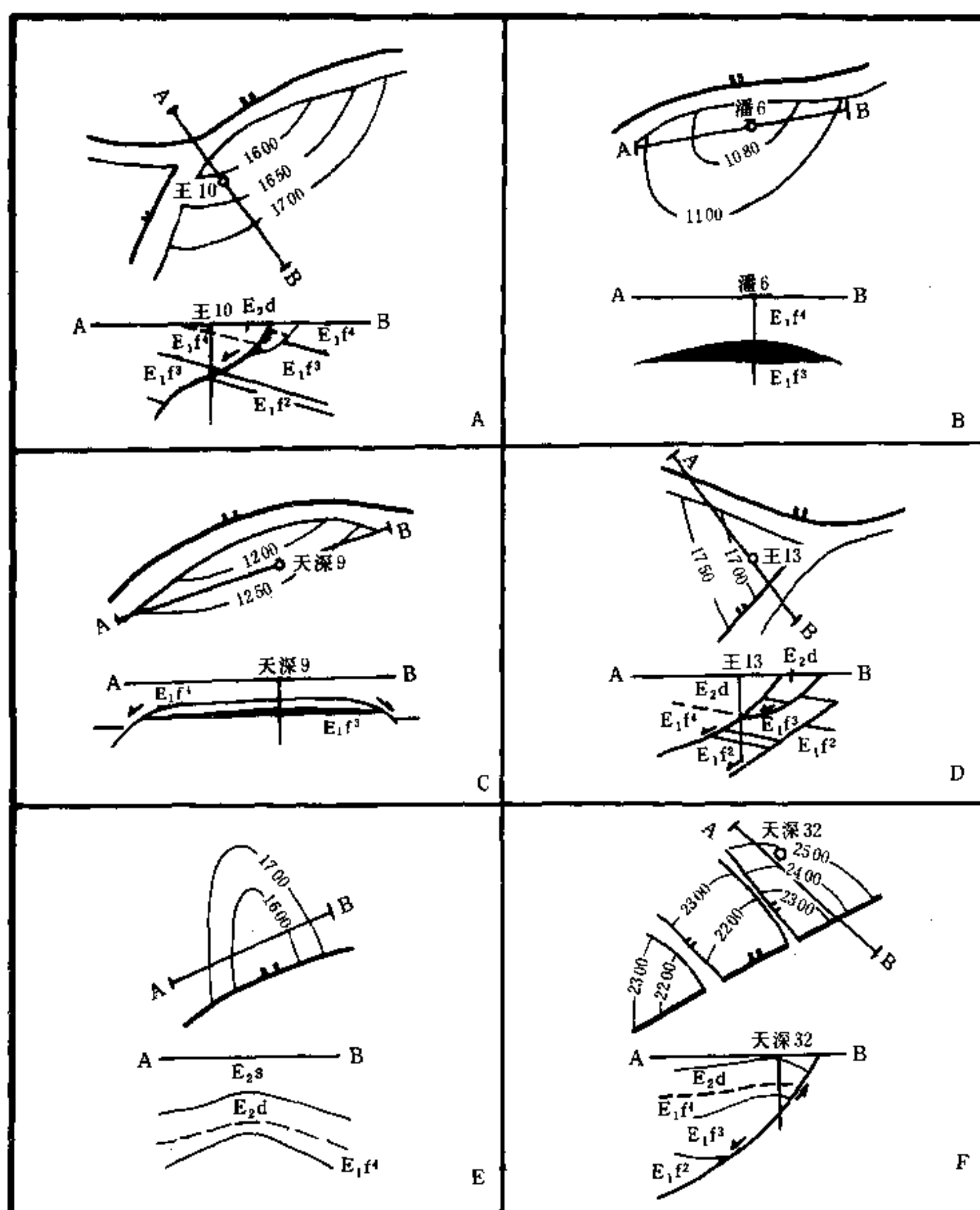



图 3–3–9 天长地区油气藏类型图（构造线单位 m）

天长地区形成油气藏的基本地质条件，概括起来有如下五点。

(1) 边界断层下降盘的深洼是主要生油区 新生代时期，受区域水平拉张应力场和郯庐断裂右旋活动的影响，杨村断层在总体拉张背景上出现了两期裂陷和坳陷活动，时间上相互转化，空间上相互叠加，形成了围绕杨村断层下降盘分布的汊涧和龙岗两次凹南部的深洼区，在深洼区内新生界累计厚度在 5000～6000 米。第一期裂陷活动发生在古新世泰州期—阜一段沉积时，杨村断层拉张幅度大，裂陷深，沉积了厚度达 2000 米以上，以冲积扇—河流相为特征的红色碎屑岩。阜二—阜四时，凹陷整体稳定沉降，湖侵扩大，沉积厚度 1200～2000 米，其中暗色泥岩累厚在 800～1000 米，为区内主要生油岩。第二期裂陷活动在始新世戴南期—垛一时，拉张幅度较前期减小，凹陷除北升南降外，又有西升东降趋势，沉积范围较阜宁期明显缩小，沉积了一套红色碎屑岩，以冲积扇相、河流相、三角洲平原相为特

征，泥质岩特别是暗色泥质岩不发育。深洼区戴南组厚度为斜坡带的三倍以上。垛二段时，凹陷再次沉降，杨村断层活动减弱，已不起控边作用，垛二段地层广泛超覆披盖在隆起上。当阜宁组生油岩埋深达到生油门限深度1720米时，普遍进入成熟阶段，边界断层下降盘的深洼带成为本区主要油源区。而远离深洼的斜坡带，因新生界厚度薄，生油岩埋藏浅，生油条件较差。

(2) 阜宁组为有利的生储盖组合　阜宁组为自生自储的含油组合。阜二段中、上部和阜三段下部及阜四段暗色泥岩既是生油层又是良好盖层。阜二段水进型三角洲前缘相和岸外浅滩相砂体、阜三段水退型三角洲前缘相、前缘斜坡相砂体和阜一段河流相砂体均有较好的储集条件。生油岩和储集岩在组合中垂向交替或侧向互变，这种组合方式有利于油气向储集层输导，在圈闭中形成多层位连片叠加的油藏。

(3) 众多断鼻、断块圈闭　近南北向鼻状构造和北东向断裂相叠加，形成众多有利于油气聚集的断鼻、断块圈闭。本区泥沛—张铺及铜城—乔田两个近南北向的鼻状隆起带形成于燕山晚期，喜山期有继承性活动，它们对阜宁组的沉积有一定的控制作用，也是油气运移的指向带。此外本区还发育一组与边界大断层近于平行的北东向反向正断层，这组断层是与阜宁组沉积同时发生，并随着戴南组、三垛组沉积而发展的，具有同生断层的性质。此组断层与上述近南北向鼻状隆起带相交切，从而形成了众多的有利于油气聚集的断鼻、断块构造圈闭。

(4) 圈闭形成与油气生成时空配置合理　本区多数圈闭构造在阜三段沉积前已有显示，吴堡末期基本形成，后期断裂活动对前期构造的改造不明显，至垛一段时定型。个别构造如八面塘逆牵引背斜形成时间稍晚，阜四段沉积时有显示，垛一段时定型。构造形成时间一般都早于油气大规模生成的三垛期，为油气运移和聚集提前准备了空间条件。

(5) 区域水文地质背景利于油藏保存　据油田水文资料统计，天长地区区域水文地质条件受区域构造背景控制。西北部张八岭隆起、盱眙隆起露头区为供水区，汊涧次凹东南部的深洼区和东部龙岗次凹为承压区，杨村断裂带为泄水区，这种稳定的水文地质背景有利于油气聚集和油气藏的保存。

综上所述，天长地区的油气分布规律，有两点值得今后勘探工作重视。

1) 深洼及其两侧是油气聚集的有利地区　沿着边界断层分布的深洼区，东西长度约50公里，南北宽约6公里，面积300平方公里，是主要生油区，也是多种类型圈闭发育区。区内可能存在阜宁组、戴南—三垛组两套储盖组合；河流三角洲、岸外浅滩、浊积和水下扇砂体发育。缓坡带有断鼻、断块，陡坡带有滚动背斜、断鼻、古潜山和地层、岩性圈闭。缓坡带已找到了多层位叠加连片的王龙庄油田、欧庄油田、张铺和吴庄含油断鼻断块；陡坡带的八面塘滚动背斜和古潜山也已发现了油显示及二氧化碳气藏，此带东部的龙岗次凹尚未开展勘探，预测在夏家营断鼻及其以东地区可能找到阜宁组、戴南组—三垛组油藏以及古潜山型油气藏。

2) 近南北向鼻状构造带和北东向断裂带构造复合区是油气富集区。天长地区已知的油田和含油构造大多数都分布在泥沛—张铺和铜城—夏家营两个近南北向鼻状构造带与北东向断裂带的复合区。从西部汊涧次凹的潘庄油田—张铺含油断鼻、陈家营含油断鼻—王龙庄油田，到东部龙岗次凹的张庄含油断鼻—吴庄含油断鼻都分布在两个复合区内。可以预测今后在复合区内还可以发现更多的油气田，因为两个复合区内，不仅有配置合理的生储盖组合、并有较多的构造圈闭。

## 七、阜宁组生油量的计算及参数选择

生油量的计算方法甚多，本卷资源评价方法是根据安徽地区的实际条件，采用了氯仿沥青"A"法。

*1. 计算公式*

北京石油勘探开发研究院采用统一公式如下：

$Q_{残}=S \cdot H \cdot \gamma \cdot$ "A"

$Q_{总生}=Q_{残}/K_A$

$Q_{聚}=Q_{总生} \cdot a$

式中 $Q_{总生}$（总生油量）——有效生油岩生成石油的总量；

$Q_{残}$（残留油量）——残留在有效生油岩中的石油量；

$Q_{聚}$（聚集油量）——指运移油量中能够聚集，并在目前与将来具有经济价值而又能开采的总资源量，属于预测资源中Ⅲ级远景资源，即通称的远景储量；

H——有效生油岩厚度；

S——有效生油岩面积；

γ——生油层的岩石相对密度。

"A"——氯仿抽提沥青"A"含量。

$K_A$：恢复系数

a：排聚系数

*2. 各参数的确定及取值*

(1) 有效生油层面积（S） 生油门限深度值确定后，利用各钻井资料勾绘出各段的有效生油面积分布区，并求出各段面积，阜四段生油面积为223平方公里，阜三段为430平方公里，阜二段为590平方公里。

(2) 有效生油层厚度（H） 系指生油门限深度以下的暗色层厚度，采用钻井厚度的中位值，阜四段为280米，阜三段为234米，阜二段为101为米。

(3) 生油层的岩石相对密度（γ） 泥岩采用统一的取值23亿吨/立方公里。

(4) 氯仿沥青"A"含量 取成熟生油岩氯仿沥青"A"含量的中位值，即阜四段0.119%，阜三段0.085%，阜二段0.1175%（由于天长样品太少，不足以代表，借用金湖三河次凹数据）。

(5) 恢复系数（$K_A$） 采用统一的经验值0.7。

(6) 排聚系数（a） 采用江苏油田地质所在金湖凹陷的统一取值5%。

*3. 计算结果见表3-3-9。*

**表3-3-9 天长地区阜宁组生油量计算数据表**

| 层位 | 生油岩有效体积 ($km^3$) | 氯仿沥青"A" (%) | 总生油量 ($10^8t$) | 残留生油量 ($10^8t$) | 聚集油量 ($10^8t$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 阜四段 | 62.4 | 0.119（13个） | 2.438 | 1.707 | 0.121 |
| 阜三段 | 100.62 | 0.085（6个） | 2.81 | 1.967 | 0.141 |
| 阜二段 | 59.6 | 0.1175（8个） | 2.3 | 1.61 | 0.115 |
| 合计 | 222.62 | | 7.548 | 5.284 | 0.377 |

如排聚系数采用10%，则聚集油量为0.754亿吨。

## 第二节 两淮地区

两淮地区位于安徽北部，面积约35000平方公里。在大地构造位置上处于华北地台南缘。这里石炭二叠系有丰富的煤炭资源，有淮南、淮北两大煤田。50年代以来，地质、煤炭等部门作了大量的普查勘探工作，目前煤系地层小于1500米浅埋区的地质结构及煤炭资源已基本查清，深埋区的情况随着油气普查勘探的开展，正在逐步查明中。

本节着重阐述本区石炭二叠纪地层特征、煤成气形成条件和资源评价，并简述本区下古生界找油气远景。

### 一、石炭二叠纪地层特征

本区石炭二叠系在淮北台坳和淮南台坳中分布较广，在复向斜和向斜中保存较完整，石炭二叠系是一套海陆交互相的碎屑岩和碳酸盐岩含煤建造，自下而上分为中石炭统本溪组、上石炭统太原组、下二叠统山西组和下石盒子组、上二叠统上石盒子组和石千峰组，各组之间均为整合接触。

*1. 中石炭统本溪组*

本组不整合在奥陶系碳酸盐岩侵蚀面上。岩性以灰紫色含铁铝质泥岩、粉砂岩为主夹薄层石灰岩及煤。本组在淮北厚约22米，在淮南仅厚几米。

本组石灰岩中产䗴科化石，有：筒形纺锤䗴 *Fusulina cylindrica Fischer*，薄克氏小纺锤䗴 *Fusulinalla boki Moeller*。

*2. 上石炭统太原组*

为滨海—浅海相夹潮坪、滨岸沼泽相沉积。岩性为灰色生物碎屑灰岩、含燧石的生物灰岩与灰黑色泥岩、砂质泥岩、浅灰色石英粉、细砂岩互层夹铝土质泥岩及薄煤层。本组厚112～179米。夹石灰岩8～13层，夹煤8～11层，石灰岩及煤层均由北向南层数减少，厚度变薄。本组以砂岩底与本溪组分界。

本组产䗴科、腕足类、珊瑚和植物化石，有：假希瓦格䗴 *Pseudoschwagerina* sp.、麦䗴 *Triticites* sp.、太原网格长身贝 *Dictyoclostus taiyuanensis* （*Grabou*）、顶柱脊板珊瑚 *Lephocarinophyllum* sp.、梭鳞木 *Lepidodendron szeianum*、脉羊齿 *Neuropteris* sp.、栉羊齿 *Pecopteris* sp.、木沙椤栉羊齿 *Pecopteris cyathea* 等。

*3. 下二叠统山西组*

为滨岸带的潮坪、分流河道—河口坝相沉积。岩性为深灰色粉砂岩；浅灰色中、细砂岩夹灰黑色泥岩，砂质泥岩，煤层；淮南夹1～2层菱铁矿。本组厚60～143米。以砂岩底与太原组分界。

本组产植物化石：多脉带羊齿 *Taeniopteris multinervis Weiss*、麻座延羊齿 *Alethopteris norinii Halle*、太原楔羊齿 *Sphenopteris taiyuanensis Halle*、翁氏栉羊齿 *Pecopteris wongii Halle*。产动物化石舌形贝 *Lingula* sp.等。

*4. 下二叠统下石盒子组*

为三角洲平原分流河道、沼泽相沉积。其岩性可分为上、下两部分：下部厚111～239米，其底为灰白色含砾中、粗砂岩；向上为灰色粉、细砂岩与灰黑色泥岩、花斑状铝土质泥岩、含鲕泥岩互层夹煤层；再向上为灰色中、细砂岩、粉砂岩与深灰色泥岩互层夹煤层。产植物化石：剑瓣轮叶 *Lobatannularia ensifolia*、太原栉羊齿 *Pecopteris taiyuanensis Halle*、东

方栉羊齿 *Pecopteris orielltailis*、细脉座延羊齿 *Alethopteris ascendens Halle*、烟叶大羽羊齿 *Gigantopteris nicotianaefolia Schenk* 等。

上部厚 110～251 米，为灰白、灰绿色细—粗粒砂岩、粉砂岩与深灰色泥岩及煤层互层，产植物化石：烟叶大羽羊齿、剑瓣轮叶、单网羊齿 *Gigantonoclea* sp.、舌形瓣轮叶 *Lingulata Halle* 等。

5. 上二叠统上石盒子组

晚二叠世华北地台南部气候有了明显变化，由温湿逐渐变为干旱，沉积物颜色由灰、深灰色变为灰绿色及紫红色，沉积环境虽仍为三角洲平原相，但沼泽环境逐渐消失，粗粒的分流河道沉积在剖面中占优势，显然是从滨岸环境向陆相环境过渡。本组分为上、下两部分：下部为灰、灰绿色中细粒砂岩、粉砂岩与灰、灰绿色泥岩互层夹薄煤层。上部为灰白、紫红色砂岩、含砾砂岩夹灰绿、紫红色及花斑状泥岩及碳质泥岩，平面上从北向南紫红色泥岩层位逐渐增高，产煤层位也随之提高，导致北纬 34 度以北基本不含煤，以南含煤。

本组产植物化石：烟叶大羽羊齿、多叶瓣轮叶 *Lobatannularia multifolia Halle* 剑瓣轮叶、肾掌蕨 *Chiropteris reniformis Kaw*、中朝楔叶 *Sphenophyllum sino-coreanum Yabe*、太原带羊齿 *Taeniopteris taiyuanensis Halle*、产动物化石舌形贝等。

关于上、下石盒子组分界问题，目前尚不够统一，本志将上、下二叠统界线定在Ⅵ煤段底部砂岩（豫西称田家沟砂岩）之底，其理由：第一、此层位之上大羽羊齿类和瓣轮叶类达到顶盛期，中生代型的蕨类和裸子植物开始发育，栉羊齿、楔叶类衰退，与华南晚二叠世早期植物群相似；第二、田家沟砂岩在平面上分布广，易对比；第三、从Ⅵ煤段开始有代表海侵的海绵硅质层和海豆牙、瓣鳃类化石存在，与以下的沉积环境有所不同。

6. 上二叠统石千峰组

是在炎热干旱气候条件下沉积的河流相砂、泥岩，粒度粗、颜色红反映华北地台南部处于整体上升的构造背景，目前本组地层多保存在向斜中心。按岩性可分为上下两部分：下部为灰白、灰紫色含砾中、粗砂岩及细砂岩夹紫红色及花斑状砂质泥岩、泥岩；上部以紫红、棕褐色砂质泥岩、含砾砂质泥岩为主，夹灰紫色粗—细、粉砂岩、砂砾岩。

本区石炭二叠纪煤系，指太原组至上石盒子组一套含煤地层。本区煤系地区总厚度变化在 900～1300 米之间，东部和北部较厚，西部和南部较薄。纵向上主要含煤层段较集中于下石盒子组；空间上，从北向南，煤的层数、厚度逐渐增加，含煤的层位也逐渐升高。在平面上以淮南李嘴孜—张集一带最厚，达 49 米以上；宿县南次之，为 32 米；肖县一带煤最薄，小于 15 米，见表 3-3-10。

煤系中的暗色泥岩在纵向上以下石盒子组最厚，其次为上石盒子组和太原组，山西组最薄，在空间上以淮南谢二矿—刘庄、宿南、肖县为中心有三个近东西向沉积中心，其暗色泥岩最大等厚线分别为 500 米、400 米和 500 米，见图 3-3-10。

本志将本区石炭二叠系含煤地层划分为八个煤段，见表 3-3-11。

本区太原组煤层集中在中下部，形成于海侵过程，在滨海沿岸沼泽带形成薄煤层，以结构简单、含草莓状黄铁矿、高硫煤为特征，北厚南薄。山西组煤层形成于海退后滨海平原上，以低硫、低灰分为特征。下石盒子组煤层发育在海退相序的下三角洲平原分流河道间的洼地中（支流间湾）。上石盒子组煤层则形成于海侵相序的海湾或分流间湾有砂质充填变浅的部位。

**表 3-3-10　两淮地区石炭二叠系煤系及煤层厚度表**

| 层位 \ 地区<br>煤厚（m）／组厚（m） | 淮南顾桥 | 淮北任楼 | 淮北桃园 | 淮北后石台 |
|---|---|---|---|---|
| 上石盒子组 | 8.5／470 | 5.6／538 | 5.7／650 | 0.2／455 |
| 下石盒子组 | 26.6／329 | 15.6／459 | 13.3／353 | 5.6／434 |
| 山西组 | 9.4／50 | 1.6／98 | 4.6／83 | 1.5／92 |
| 太原组 | 0.7／106 | 2.5／137 | 4.6／180 | 1.2／200 |
| 合计 | 45.2／955 | 25.3／1232 | 28.2／1266 | 8.5／1181 |

**表 3-3-11　两淮地区石炭二叠系含煤段划分对比简表**

<table>
<tr><th colspan="3">本志</th><th colspan="3">皖煤田一队</th><th colspan="3">皖煤勘探公司</th></tr>
<tr><th colspan="3">两淮</th><th colspan="3">淮南</th><th colspan="3">淮北</th></tr>
<tr><td rowspan="4">上石盒子组</td><td rowspan="2">Ⅷ煤段</td><td rowspan="2">煤Ⅷ　5～1</td><td>石千峰组</td><td>石千峰组</td><td></td><td rowspan="4">上石盒子组</td><td>五段</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="4">上石盒子组</td><td>七段</td><td>煤　26～22</td><td>四段</td></tr>
<tr><td>Ⅶ煤段</td><td>煤Ⅶ　4～1</td><td>六段</td><td>煤　21～18</td><td>三段</td><td>煤　1</td></tr>
<tr><td>Ⅵ煤段</td><td>煤Ⅵ　2～1</td><td>五段</td><td>煤　17～16</td><td>二段</td><td>煤　2</td></tr>
<tr><td rowspan="3">下石盒子组</td><td>Ⅴ煤段</td><td>煤Ⅴ　4～1</td><td>四段</td><td>煤　15～12</td><td></td><td>一段</td><td>煤　3</td></tr>
<tr><td>Ⅳ煤段</td><td>煤Ⅳ　2～1</td><td>三段</td><td>煤　11～10</td><td rowspan="2">下石盒子组</td><td>二段</td><td>煤　4</td></tr>
<tr><td>Ⅲ煤段</td><td>煤Ⅲ　6～1</td><td>下石盒子组</td><td>二段</td><td>煤　9～4</td><td>一段</td><td>煤 5～9</td></tr>
<tr><td>山西组</td><td>Ⅱ煤段</td><td>煤Ⅱ　3～1</td><td>山西组</td><td>一段</td><td>煤　3～1</td><td>山西组</td><td></td><td>煤　10<br>煤　11</td></tr>
<tr><td>太原组</td><td>Ⅰ煤段</td><td>煤Ⅰ　6～1</td><td rowspan="2">太原—本溪组</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td>太原组</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>本溪组</td><td></td><td></td><td>本溪组</td><td></td><td></td></tr>
</table>

## 二、煤成气形成条件

*1. 生成条件*

石炭二叠系中的煤、暗色泥岩和石灰岩均可作为煤成气的生成母岩。

（1）有机质丰度　煤的有机碳含量很高，淮南新庄孜矿 4 煤有机碳含量为 63.3%；蔡家岗矿 1 煤为 72.7%；淮北芦岭矿 9 煤为 42.6%（据精煤元素分析折算）。暗色泥岩有机碳含量与岩石的颜色有密切关系，一般岩石的颜色愈深，有机碳含量愈高，见表 3-3-12。据本区石炭二叠系泥岩有机碳分析，只有深灰色泥岩、灰色泥岩及碳质泥岩的有机碳含量大于

0.4%，达到生气母岩的标准，其余均为非气源岩。太原组石灰岩的有机碳含量与岩石的颜色同样有密切关系，其中深灰色石灰岩有机碳含量为0.58～0.98%；灰色浅灰色石灰岩为0.18～0.26%；灰白色灰岩为0.04%。以上几种石灰岩平均有机碳含量为0.57%，超过目前华北碳酸盐岩评为良好生油岩的标准。

**表3-3-12　两淮地区石炭二叠系各类泥岩平均有机碳百分含量统计表**[①]

| 组 | 段 | 碳质泥岩 | 深灰色泥岩 | 灰、浅灰色泥岩 | 花斑状泥岩 | 红色泥岩 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 上石盒子组 | Ⅷ | 25.76 | 1.10／1.01 | 0.18／0.18 | 0.06／0.13 | ／0.03 |
| | Ⅶ | | 0.95／5.06 | 0.19／0.32 | ／0.07 | |
| | Ⅵ | | 1.54／3.07 | ／0.30 | ／0.10 | |
| 下石盒子组 | Ⅴ | | 0.70／3.82 | 0.19／0.24 | 0.11／0.15 | |
| | Ⅳ | | 0.91／0.62 | 0.14／0.26 | | |
| | Ⅲ | | 1.55／0.92 | 0.28／0.35 | ／0.06 | |
| 山西组 | Ⅱ | | 3.00／2.19 | 0.31／ | | |
| 太原组 | Ⅰ | | 4.50／2.55 | | ／0.19 | ／0.06 |

①斜线以上为淮北数据，以下为淮南数据。

(2) 有机质类型　据本区精煤的碳氢比资料，淮南、新庄孜矿13—1煤为14.7；4煤为15.8；蔡家岗8煤为15.9；淮北芦岭矿7煤为17；15—1煤为12.4。一般认为陆地高等植物有机质碳氢比为12～22，而水生有机质碳氢比为6～10。又据煤岩显微组分析，镜质组和半镜质组占主要成分，如潘集煤矿煤的镜质组占59.80～90.54%，半镜质组占5.98～13.50%；芦岭煤矿煤的镜质组占60.27～80.85%，半镜质组占6.30～17.43%。镜质组、半镜质组是高等植物在弱还原条件下经凝胶化作用而形成的物质，其化学组成以芳烃为主。因此，不论精煤的碳氢比或是显微组份分析，均说明本区的煤属于典型的腐植型有机质，即为腐植煤。

本区暗色泥岩热解分析资料，见表3-3-13，按邬立言的有机质类型划分标准（表3-3-14），以腐植型为主，少数为过渡型。另据分析，太原组石灰岩有机质类型也以腐植型为主，少数为含腐泥腐植型。

氯仿沥青"A"族组分析资料也表明（表3-3-15）不论暗色泥岩还是石灰岩，绝大多数芳香烃大于饱和烃，沥青质大于非烃，饱芳比小于0.9，沥非比大于1。与大庆白垩系、华北下第三系生油岩的族组分特征有明显区别，而与淮南、东濮煤的族组分特征相似，同样表明其有机质类型为腐植型。

(3) 产油（气）潜力　据国内外石油地质工作者对不同类型干酪根的热模拟实验表明，腐植型干酪根以产气态烃为主，其气体产率随演化温度的增高而增加，形成良好的线性关系。一般认为其最终气体产量仍低于腐泥型干酪根。

本区煤层瓦斯含量较高，一般为13.0～14.7立方米／吨，最高可达20～40立方米／吨。淮北芦岭煤矿为我省超级瓦斯煤矿，目前该矿对煤层中瓦斯进行抽放，每分钟抽出量为5～5.5立方米左右，年抽出量达200万立方米以上。煤层中的瓦斯直接显示煤层本身具有

表 3-3-13　两淮地区石炭二叠系暗色泥岩热解分析数据表[1]

| 组 | 段 | $S_1+S_2$ mg／g | $S_2$／$S_3$ | IH mg／$g_{COT}$ | CP／COT (%) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 上石盒子组 | Ⅷ | 0.15／0.07 | 0.61／0.29 | 13.6／15.6 | 1.6／2.2 |
|  | Ⅶ | 0.28／0.32 | 0.92／0.78 | 39.4／21.2 | 3.8／2.3 |
|  | Ⅵ | 0.10／0.28 | 0.44／0.97 | 25.8／26.8 | 2.5／2.7 |
| 下石盒子组 | Ⅴ | 0.09／0.16 | 0.44／0.20 | 24.2／31 | 3.4／4.3 |
|  | Ⅳ | 0.17／0.16 | 0.22／0.35 | 28.6／20.3 | 3.1／3.6 |
|  | Ⅲ | 0.55／0.21 | 1.74／0.71 | 44.6／24.4 | 4.3／2.6 |
| 山西组 | Ⅱ | 0.37／1.31 | 2.62／4.12 | 40.8／50 | 3.5／4.7 |
| 太原组 | Ⅰ | 0.72／0.46 | 1.01／1.08 | 36／32.1 | 3.7／3.6 |

①表中数据在斜线以上为淮北数据，以下为淮南数据。

表 3-3-14　有机质类型划分标准（据邬立言）

| 有机质类型 | $S_1+S_2$ mg／g | $S_2$／$S_3$ | IH mg／$g_{COT}$ | CP／COT (%) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 腐植型 | <2 | <2.5 | <150 | <10 |
| 含腐泥腐植型 | 2～5 | 2.5～5 | 150～250 | 10～20 |
| 腐泥腐植型 | 5～10 | 5～10 | 250～400 | 20～35 |
| 含腐植腐泥型 | 10～20 | 10～20 | 400～600 | 35～50 |
| 腐泥型 | >20 | >20 | >600 | >50 |

表 3-3-15　两淮地区石炭二叠系暗色泥岩及石灰岩族组份分析数据表

| 层位 | 岩性 | 饱和烃 (%) | 芳香烃 (%) | 非烃 (%) | 沥青质 (%) | 沥+非／饱+芳 | 饱／芳 | 沥／非 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 上石盒子组 | 暗色泥岩 | 10.7 | 13.7 | 38.4 | 37.2 | 3.1 | 0.78 | 0.97 |
| 下石盒子组 | 暗色泥岩 | 8.3 | 15.4 | 24.6 | 51.8 | 3.2 | 0.54 | 2.10 |
| 山西组 | 暗色泥岩 | 7.7 | 12.6 | 36.5 | 43.3 | 3.9 | 0.61 | 1.10 |
| 太原组 | 暗色泥岩 | 19.9 | 22.5 | 21.8 | 35.8 | 1.4 | 0.90 | 1.85 |
|  | 石灰岩 | 6.9 | 22.5 | 29.0 | 41.5 | 2.7 | 0.36 | 1.40 |

相当高的生成煤气的能力。

本区石炭二叠系暗色泥岩及石灰岩总烃含量和有机质转化率见表 3-3-16。从表

3−3−16 可见，按一般划分生油岩标准，本区石炭二叠系暗色泥岩及石灰岩只能评为差的生油岩，但从母岩的有机质类型主要为腐植型这一角度来考虑，却是好的生气岩。

**表 3−3−16　两淮地区石炭二叠系暗色泥岩及石灰岩总烃含量及有机质转化率数据表**

| 层位 | 岩性 | 有机碳 (%) | 沥青"A" (%) | 总烃 ppm | A／C | 总烃／C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 上石盒子组 | 暗色泥岩 | 3.84 | 0.11 | 286 | 0.03 | 0.007 |
| 下石盒子组 | 暗色泥岩 | 1.80 | 0.06 | 133 | 0.03 | 0.007 |
| 山西组 | 暗色泥岩 | 2.53 | 0.10 | 202 | 0.04 | 0.008 |
| 太原组 | 暗色泥岩 | 3.22 | 0.14 | 550 | 0.04 | 0.017 |
|  | 石灰岩 | 0.68 | 0.06 | 181 | 0.09 | 0.026 |

(4) 变质程度　生气岩的变质程度，不仅直接影响生气潜力的大小，也可以反映生气母岩的热演化史，现从以下几方面来确定有机质的变质程度：

1) 煤种　本区二叠系山西组和下石盒子组的煤一般为低—中灰分、低硫低磷的气煤—气肥煤；上石盒子组的煤一般为高灰分、中硫低磷的气煤。从煤种平面分布图（图 3−3−11）上看出，淮北煤田南部和淮南煤田为气煤、肥煤；淮北煤田的北部因受燕山期岩

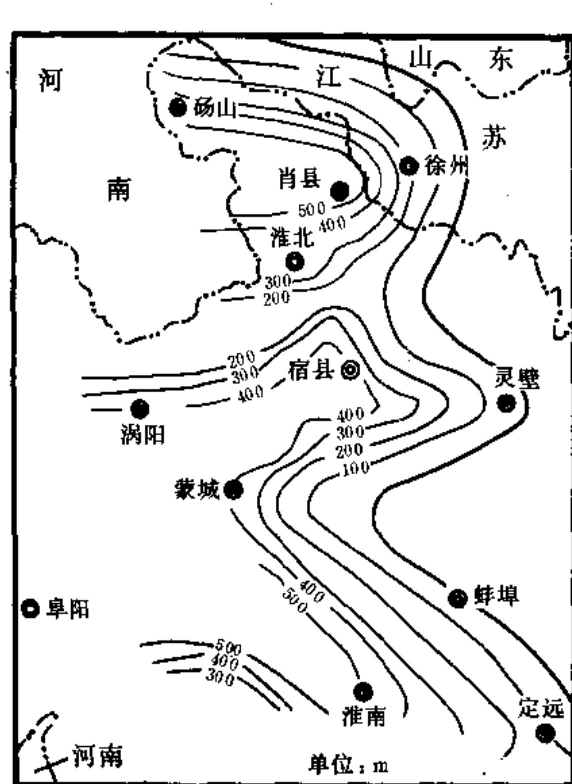



图 3−3−10　两淮地区石炭二叠系暗色泥岩等厚图

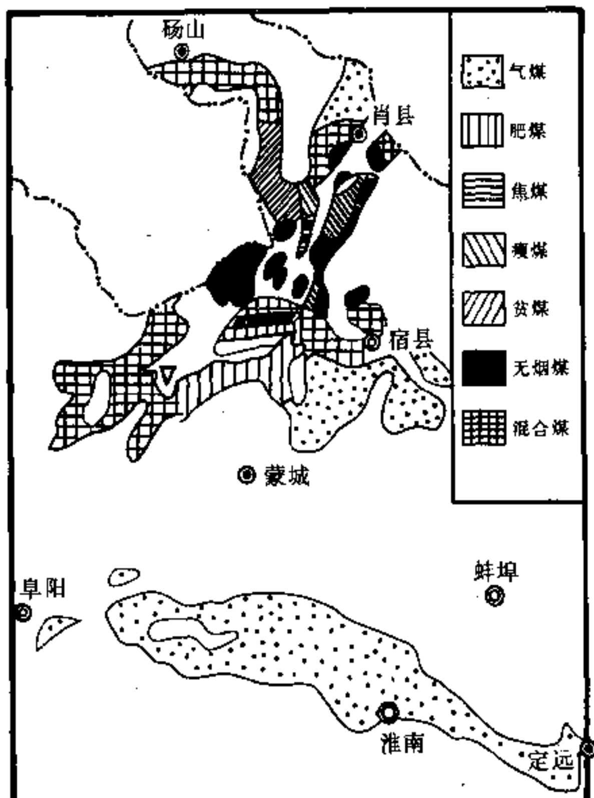



图 3−3−11　两淮地区石炭二叠系浅埋区煤种分布图

（据安徽煤田勘探公司）

浆活动的不同影响，形成贫煤、无烟煤或气、肥、焦、瘦煤的混合煤种。因此，仅从区域埋深而引起的煤化作用上看，本区处于气肥煤阶段。

2）芳香烃红外吸收光谱特征　根据二叠系暗色泥岩芳香烃红外吸收光谱特征图可以看出，与长脂肪键有关的吸收（720cm$^{-1}$）微弱或消失；与脂肪族键烃有关的吸收（2920cm$^{-1}$、2860cm$^{-1}$、1380cm$^{-1}$）以及与含氧为主的杂原子官能团有关的吸收（1270cm$^{-1}$、1700cm$^{-1}$）均有一定程度的显示；与芳核结构及含氧基团有关的吸收（1600cm$^{-1}$、3030cm$^{-1}$、870cm$^{-1}$、810cm$^{-1}$、和740cm$^{-1}$）较强。且740cm$^{-1}$>810cm$^{-1}$>870cm$^{-1}$的结构关系也十分明显。表明本区二叠系暗色泥岩可溶有机质稠环芳核已进一步缩合，烷基侧链大量断裂和脱落，有机质正处于成熟阶段。

3）镜质体反射率和最高热解温度　本区二叠系煤的镜质体反射率（$R_0$）为0.78～0.88%，与上述煤种所表明的变质程度相一致。石炭二叠系暗色泥岩和太原组灰岩的最高热解温度一般为436～457℃，亦表明母岩有机质处于成熟阶段。

有机质变质程度主要受地热增温率即埋深控制。淮南煤田平均地温梯度为3.15℃／100米，如按形成气肥煤所需的地温为100～120℃（M.A.列文斯坦，1962、1969），计算古埋深应为3200～3800米。然而，两淮煤田现今石炭二叠系的埋深大多小于2000米，表明现今的埋深是后期抬升、剥蚀的结果。又从阜深2井在井深3300～3423米井段，所取的二叠系煤样所作的镜质体反射率为0.83%这一事实来看，现今浅埋区和3000多米深埋区煤的变质程度基本一致，也间接证实了两淮地区石炭二叠系沉积后的抬升这一推断。

本区石炭二叠系最大厚度为1500多米，可以设想曾覆盖有较厚的中生代地层，经后期的构造运动，在抬升剥蚀的过程中，早期生成的煤成气，必然大量的被散失掉，只有沉积巨厚的新生代地层的深埋区，当其埋深超过一次成气期的沉降深度，即大于3200米时，煤系才再次在喜山期生成煤成气（二次成气）。喜山期生成的煤成气（二次成气），应是本区最重要的煤成气来源。

*2. 储集条件*

（1）石炭二叠系　其储集类型主要的有以下几种：

1）砂岩孔隙　砂岩单层厚一般1～6米，最大厚10～20米。砂岩在各含煤段中均比较发育，分别占段厚的22～68%不等。但砂岩的储油物性普遍较差，一般孔隙度为2～8%，渗透率小于1×10$^{-3}$二次方微米，详见表3-3-17。在淮南地区上石盒子组中有个别样品孔隙度可达11.9～13.2%，渗透率可达9.6～25.0×10$^{-3}$二次方微米。阜深2井上石千峰组，个别样品孔隙度可达12.9%，渗透率可达22.1×10$^{-3}$二次方微米。据镜下观察，物性较好的砂岩，一般颗粒分选性好，成分成熟度高，碎屑物多为较洁净的石英，硅质、泥质和方解石胶结物总含量一般小于10%。石炭二叠系砂岩的储油物性属于低渗透层。但国内已发现的低渗透砂岩作储集层的气田产量并不低，同时，在储油物性普遍较差的背景上也有物性相对较好的层段和裂隙发育段。

2）砂岩的次生裂隙　砂岩的次生裂隙与其含水性有密切关系。淮北煤田抽水试验表明，砂岩的单位涌水量（Q）为0.0014～0.95公升／秒·米、渗透系数（K）为0.0012～0.60米／日。砂岩中构造裂隙的发育是不均匀的，在某些局部地区或层段，构造裂隙很发育，常常成为矿井大量出水的重要根源。特别是淮北煤田的$K_3$砂岩和某些煤层的顶底板砂岩，在基建施工中常发生突水事故。杨庄矿井和刘桥矿井最大涌水量达220～367吨／时，钻孔中也经常发生不同程度的漏失钻井液现象。上述情况可以说明砂岩次生构造裂隙作为储

集空间，在本区同样是存在的，并在局部地区可能是主要类型。

**表 3-3-17　两淮地区石炭二叠系砂岩物性数据表**

| 层位 | 淮南 | | 淮北 | |
|---|---|---|---|---|
| | 孔隙度（%） | 渗透率（$\times10^{-3}\mu m^2$） | 孔隙度（%） | 渗透率（$\times10^{-3}\mu m^2$） |
| 石千峰组 | 3.43～7.04 | 0.09～0.30 | | |
| 上石盒子组 | 2.90～9.94 | 0.03～0.20 | 1.27～8.20 | 0.04～0.60 |
| 下石盒子组 | 1.03～5.48 | 0.06～1.15 | 0.50～4.33 | 0.01～1.23 |
| 山西组 | 1.15～6.03 | 0.01～0.35 | 2.98～6.70 | 0.01～0.22 |
| 太原组 | 6.17～8.13 | 0.08～0.14 | | |

3）石灰岩的次生裂隙和溶蚀孔洞　太原组石灰岩在本区较发育，一般单层厚 1～20 米不等，共 8～13 层，总厚 43～72 米，占组厚 32～61%。石灰岩的次生裂隙和溶蚀孔洞在局部地区特别发育。淮北任楼煤矿太原组石灰岩溶蚀孔洞直径可达 0.5 米以上。淮北相城煤矿和淮南谢家集一矿，曾先后发生太原组石灰岩溶洞中的水沿裂隙、断层突入山西组采煤坑道之中造成淹井事故，涌水量达 728～772 吨／时。石灰岩抽水试验：淮南煤田单位涌水量（Q）为 0.012～4.8 升／秒·米，渗透系数（K）为 0.008～40.585 米／日；淮北濉肖矿区单位涌水量（Q）为 0.057～11.47 升／秒·米，渗透系数（K）为 0.046～15.733 米／日；宿县芦岭煤矿单位涌水量（Q）为 0.93 升／秒·米，渗透系数（K）为 4.127 米／日。以上资料可间接说明，太原组石灰岩的次生裂隙和溶蚀孔洞同样是重要的储集空间。

（2）下古生界　下古生界原生孔隙不发育，主要孔隙是与奥陶系顶面的风化壳和寒武系顶面的假整合面有关的次生裂隙和溶蚀孔洞。奥陶系石灰岩抽水试验：淮南煤矿单位涌水量（Q）为 0.01～13.73 升／秒·米；淮北烈山煤矿单位涌水量（Q）为 0.89 升／秒·米，渗透系数（K）为 1.5 米／日；宿县芦岭煤矿单位涌水量（Q）为 10.04 升／秒·米，渗透系数（K）为 4.424 米／日。与寒武系顶部古风化壳有关的次生裂隙和溶蚀孔洞，见于凤深 1 井，该井于井深 754 米穿过奥陶系与寒武系的假整合面进入寒武系上统的土坝组白云岩，钻井中共漏失钻井液 60 立方米，测井解释于井段 755～771 米为裂缝段，于井深 756～768 米井段见白云岩微细裂隙中有油迹。

（3）下第三系　本区下第三系砂岩发育，一般较疏松，储油物性好，详见本章第三节。

*3. 盖层*

本区石炭二叠系的泥岩是重要的盖层，但一般单层厚度较薄，厚约 1～6 米，只有少数泥岩单层厚度可达 10～20 米。泥岩比较集中的层段有上、下石盒子组的Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ含煤段及石千峰组上部。

本区下第三系为砂岩、泥岩的互层，泥岩盖层一般单层厚 1～6 米，少数厚 10～18 米。在合肥盆地东北部定远凹陷，下第三系中尚夹有含膏泥岩、石膏和岩盐，此类岩性也可作盖层，唯分布较局限。

本区下古生界含泥质致密的碳酸盐岩也可作盖层。

下第三系和下古生界的盖层，因距煤系较远，只有在一定条件下才可能成为煤成气的局部性盖层。

*4. 生储盖组合*

本区可能存在以下几种类型生储盖组合：

(1) 自生自储　石炭二叠系有生油层、储集层、盖层，可以自生自储。

(2) 古生新储　石炭二叠系生成的煤成气，通过断层，运移至下第三系聚集起来，形成古生新储。

(3) 古生古储　石炭二叠系生成的煤成气，通过断层，侧向运移至下古生界聚集起来，形成古生古储。

5. 圈闭条件

本区可能存在以下几种类型：

(1) 断层及构造圈闭　本区由于断裂发育和构造形变、形成较多的断鼻、断块和被断层切割的背斜圈闭。其中较落实的局部圈闭有：光武、双浮集、大王庄、杨桥等（详见本章第三节）。

(2) 岩性尖灭圈闭　本区石炭二叠系横向上岩性变化较大，可能形成砂岩上倾尖灭圈闭，如黄口盆地的南斜坡就可能存在这种类型的圈闭。

(3) 地层不整合（或古潜山）圈闭　本区存在中、新生界和石炭二叠系分别不整合在石炭二叠系及奥陶系之上，因而有可能形成此种类型的圈闭。此外还有可能存在复合式圈闭。

**三、煤成气资源量计算和分区评价**

*1. 资源量计算*

本区对石炭二叠系煤成气有一定勘探远景的八个地区分别进行了资源量计算，计算的方法采用目前通用的体积法。参数的选择如下：

(1) 面积　所计算的每个地区的面积，按安徽地区石炭二叠系含煤地层分布的实际面积计算。

(2) 厚度　根据所处的位置，分别按淮北或淮南石炭二叠系暗色泥岩、石灰岩和煤层平均厚度计算，见表 3–3–18。若煤系遭受剥蚀，则按残留厚度计算。

**表 3–3–18　两淮地区石炭二叠系暗色泥岩、煤、石灰岩平均厚度简表**

| 地区 | 煤 (m) | 暗色泥岩 (m) | 石灰岩 (m) |
|---|---|---|---|
| 淮北 | 25 | 350 | 56 |
| 淮南 | 39 | 500 | 56 |

(3) 视煤气发生率和泥岩、石灰岩视产气率　首先根据煤种和镜质体反射率确定煤的变质程度。对于没有上述资料的地区，按煤系最大埋深估算。与煤系变质程度相应的煤的视煤气发生率和泥岩视产气率按石油工业部 1985 年颁发的数据进行计算，见表 3–3–19。计算视产气率所采用的有机碳平均含量，暗色泥岩用 1.3%，石灰岩用 0.57%。

表 3-3-19 煤的视煤气发生率和泥岩视产气率（据石油工业部，1985）

| 煤种 | 气煤 | 肥煤 | 焦煤 | 瘦煤 | 贫煤 | 无烟煤 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 镜质体反射率，($R_o$, %) | 0.65～0.9 | 0.9～1.2 | 1.2～1.7 | 1.7～1.9 | 1.9～2.5 | >2.5 |
| 视煤气发生率（$m^3$/t） | 30 | 50 | 107 | 153 | 187 | 270 |
| 泥岩视产气率（$m^3$/$t_c$） | 39 | 72 | 170 | 218 | 245 | 310 |

(4) 聚集系数 目前国内对煤成气聚集系数的选用很不统一，我们主要参考中原油田所采用的聚集系数，规定本区石炭二叠系深埋区的聚集系数为 1%；浅埋区的聚集系数为 0.5%。

本区采用的煤成气计算公式如下：

$$Q=(Q_C^{I}R^{I}+Q_C^{II}R^{II})A$$

式中 $Q$ ——煤成气资源量（米$^3$）；

$Q_C^{I}$ ——煤储量（吨）；

$R^{I}$ ——视煤气发生率（米$^3$／吨煤）；

$Q_C^{II}$ ——暗色泥岩和石灰岩的有机碳储量；

$R^{II}$ ——泥岩视产气率（米$^3$／吨有机碳）；

$A$ ——聚集系数。

根据上述公式，本区石炭二叠系煤成气总资源量为 2805.65 亿立方米，见表 3-3-20。

表 3-3-20 两淮地区石炭二叠系煤成气资源量表

| 地区 | 暗色泥岩生成的煤成气资源量($10^8m^3$) | 石灰岩生成的煤成气资源量($10^8m^3$) | 煤层生成的煤成气资源量($10^8m^3$) | 共计($10^8m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| 黄口盆地（省内） | 317.93 | 26.18 | 926.10 | 1270.21 |
| 倪丘集凹陷 | 151.22 | 12.45 | 318.33 | 482.00 |
| 颍集凹陷 | 77.86 | 6.41 | 226.80 | 311.07 |
| 三塔集凹陷 | 20.24 | 1.68 | 47.25 | 69.27 |
| 定远凹陷 | 5.35 | 0.91 | 14.74 | 21.00 |
| 淮南复向斜中段 | 20.99 | 1.21 | 58.97 | 81.17 |
| 南坪向斜 | 6.12 | 0.50 | 15.75 | 22.37 |
| 肖西向斜 | 150.04 | 12.36 | 386.16 | 548.56 |
| 合计 | 749.85 | 61.70 | 1994.10 | 2805.65 |

2. 分区评价

根据本区石炭二叠系分布和保存情况、埋深和成气条件等因素，将上述八个地区分别评为Ⅰ级和Ⅱ级远景区。Ⅰ级远景区一般指石炭二叠系埋藏深度大，上覆巨厚的中、新生界盖层，不但可能找到自生自储的煤成气藏，尚可能找到古生新储和古生古储等类型的次生煤成气藏。Ⅱ级远景区指石炭二叠系除个别地区（如定远凹陷）外，均埋藏较浅，多分布于现今向斜或复向斜的轴部，煤系保存尚完整，但由于煤系埋深大多小于2000米，上覆中、新生界盖层又较薄，印支期生成的煤成气基本上散失，且不具备二次成气条件，只可望寻找残余的小型自生自储的煤成气藏。见图3-3-12。

(1) 一级远景区（Ⅰ）

1) 倪丘集凹陷（$Ⅰ_1$） 该凹陷位于周口盆地东部，为一个以下第三系为主的中、新生代凹陷。该凹陷以东西向的光武—双浮集断层为界，分为南北两部分：北部面积850平方公里，石炭二叠系厚1000～1300米，其底界最大埋深6000～7000米；南部面积460平方公里，石炭二叠系大部分遭受剥蚀，奥陶系顶面最大埋深为5500米。倪丘集凹陷断层发育，已发现十多个局部构造，其中较落实的有光武、双浮集、大王庄等三个。钻井中在石炭二叠系中见到少量油气显示，在下第三系中获得油流（有关局部构造和油气显示详见本章第二节），因此评价较高。

2) 黄口凹陷（$Ⅰ_2$） 该凹陷位于黄口盆地的东部。黄口盆地位于苏、鲁、豫、皖四省交界处，为一北断南超的中、新生界箕状断陷盆地，安徽境内面积约980平方公里。1979～1981年地质部在黄口盆地进行了地震普查，并钻深井三口。查明盆地主体呈东西向，由二个凹陷和一个凸起所组成。凹陷中石炭二叠系保存较完整，其中黄口凹陷的主体位于安徽境内，中、新生界最大厚度可达6000米，石炭二叠系由北向南抬起，并与南面的肖西向斜相连接，本区由于勘探程度低，局部构造情况尚不清楚。在本凹陷以西河南省境内所钻的黄1井，在下第三系汶口组下部，于井深2691.32～2693.70米，见油浸砂岩，其油源是否来自石炭二叠系，尚需进一步研究。

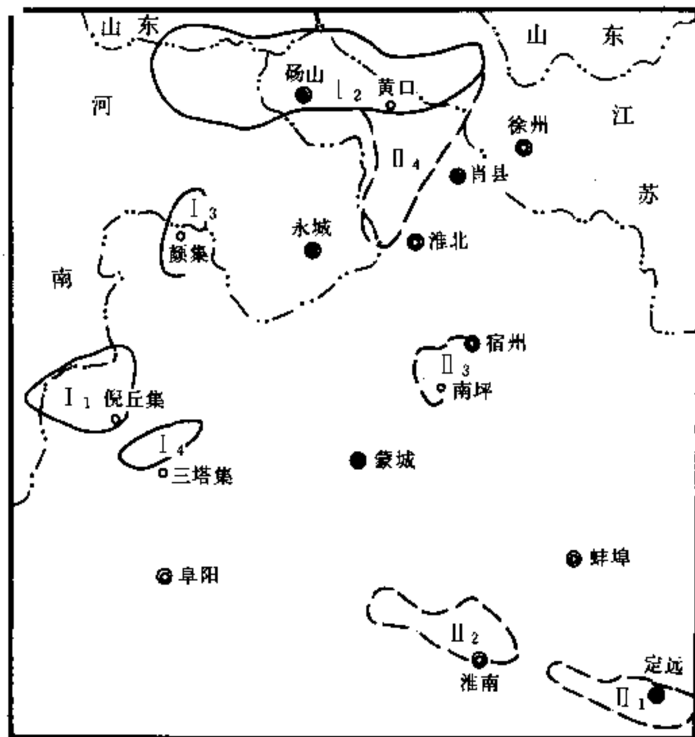



图3-3-12 两淮地区煤成气远景评价分区图

3) 颜集凹陷（$Ⅰ_3$） 该凹陷位于周口盆地东北角，为一北北东向西断东超的中、新生界箕状断陷，面积约300平方公里，安徽境内面积约240平方公里。初步查明石炭二叠系保存完整，厚约1600米，底面最大埋深8500米。上覆巨厚的中、新生界盖层。

4）三塔集凹陷（$I_4$） 该凹陷位于倪丘集凹陷以东，为一东西走向。南断北超的箕状凹陷，面积约990平方公里。初步查明凹陷内中、新生界最大厚度7500米。石炭二叠系仅分布在凹陷的西北部，面积约270平方公里，保存较完整，其底面最大埋深为3500米。

(2) 二级远景区（Ⅱ）

1）定远凹陷（$Ⅱ_1$） 该凹陷位于合肥盆地东北角，为一以古生界为基底的下第三系凹陷。下第三系下部的桑涧子组分布面积约540平方公里，为一套红色粗碎屑岩沉积，厚约1000米。下第三系上部定远组分布面积250平方公里，为一套含膏盐的砂、泥岩沉积，厚约1500米。1975年安徽石油勘探公司钻探的合深4井，于井深2296～2509米，钻遇二叠系下石盒子组（未穿），共发现煤层气测异常6层9.5米，见表3-3-21。经地震普查初步查明，石炭二叠系仅分布于两条东西向断层（永康—定远断层和耿集断层）间的地堑中，实属淮南复式向斜北翼的东段，分布面积约400平方公里。该分布区由于煤系埋藏较浅，并遭受不同程度的剥蚀，第三系覆盖面积小，煤成气保存条件较差，因此评价较低。

**表3-3-21 合深4井二叠系下石盒子组气测异常数据表**

| 井深<br>(m) | 视厚<br>(m) | 煤层号 | 总烃%<br>本层／背景 | 重烃%<br>本层／背景 |
|---|---|---|---|---|
| 2409～2410.5 | 1.5 | 9～2 | 0.38～0.85／0.16 | -0.1／0 |
| 2430～2432 | 2 | 8 | 2.50～2.68／0.09 | -0.15／0.04 |
| 2440.5～2442.5 | 2 | 7～2 | 0.22～0.26／0.18 | 0.04／0.01 |
| 2457.5～2458.5 | 1 | 6～2 | 0.25／0.08 | 0.02／0.03 |
| 2490～2492 | 2 | 5～2 | 0.25～0.27／0.06 | 0.01～0。04 |
| 2493～2494 | 1 | 5～1 | 0.25～0.27／0.06 | 0.01／0.04 |

2）淮南复向斜中段（$Ⅱ_2$） 该区面积约720平方公里，在较薄的新生界之下，为大面积分布的二叠系石千峰组，石炭二叠系保存完整，其底面埋深约1600～2000米。由于石炭二叠系埋藏较浅，煤成气保存条件较差。但在复向斜的南北两则，均以逆掩断层与太古界片麻岩或下古生界碳酸盐岩接触，可能形成断层遮挡的圈闭，见图3-3-13。1978年，安徽石油勘探公司在淮南潘集所钻的凤深1井，在二叠系煤层中发现微弱的气测异常，见表3-3-22。

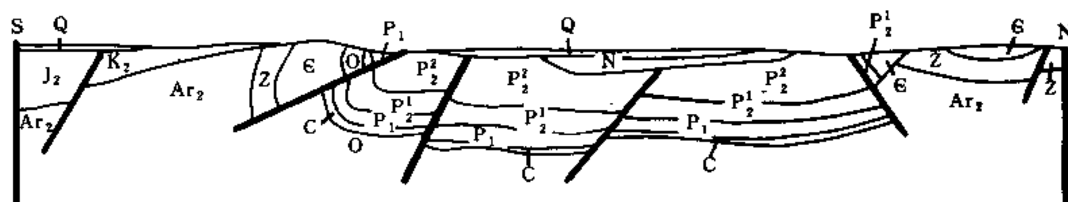



图3-3-13 淮南复向斜中段横剖面图

（据安徽煤田勘探公司）

**表 3-3-22　凤深 1 井二叠系煤层气测异常数据表**

<table>
<tr><th rowspan="2">层位</th><th rowspan="2">井深（m）</th><th>视厚</th><th rowspan="2">煤层号</th><th>总烃%</th><th>重烃%</th></tr>
<tr><th>(m)</th><th>本层／背景</th><th>本层／背景</th></tr>
<tr><td rowspan="2">下石盒子组</td><td>312～315，320～323.5</td><td>6.5</td><td>8，7～1</td><td>0.3～0.38／0.13～0.15</td><td>0.14～0.17／0.07～0.08</td></tr>
<tr><td>382～386.5，388～392.5</td><td>9.0</td><td>4～2，4～1</td><td>0.17～0.94／0.13～0.15</td><td>0～0.04／0.05</td></tr>
<tr><td>山西组</td><td>474～476.5，479～482</td><td>5.5</td><td>3，1</td><td>0.65～1.1／0.12～0.19</td><td>0／0.06～0.07</td></tr>
</table>

3）南坪向斜（$\mathrm{II}_3$）和肖西向斜（$\mathrm{II}_4$）　南坪向斜位于宿县的西南，向斜轴向北东，并向北东方向倾伏，面积约 300 平方公里，石炭二叠系底界埋深约 1000～1600 米。肖西向斜轴向南北，面积约 1180 平方公里。向斜北端倾没部分，石炭二叠系底界埋深约 2000 米左右。这两个向斜虽然石炭二叠系保存较完整，但由于埋藏浅，保存条件差，只有可能在局部地区寻找残余的煤成气。

## 四、两淮地区的下古生界

70 年代末，安徽石油勘探公司在宿县夹沟和淮南蔡家岗相继发现寒武系油苗，并在宿县童亭背斜上钻探濉浅 1 井、濉浅 2 井，在淮南潘集背斜上钻探凤深 1 井，均在下古生界见到荧光和含油显示。以上发现，引起了人们对皖北下古生界找油气远景的关切。

*1. 地层与沉积相*

本区下古生界，自奥陶系中统以下发育比较完整，其剖面见表 3-3-23。

**表 3-3-23　两淮地区下古生界地层简表**

<table>
<tr><th>系</th><th>统</th><th colspan="2">组</th><th colspan="2">厚度（m）</th><th colspan="2">岩　性</th></tr>
<tr><td rowspan="5">奥陶系</td><td>中统</td><td colspan="2">老虎山组</td><td colspan="2">16～41</td><td colspan="2">白云岩夹石灰岩</td></tr>
<tr><td rowspan="4">下统</td><td colspan="2">马家沟组</td><td>227</td><td>57</td><td colspan="2">淮北为石灰岩，淮南为白云岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">肖县组</td><td>263</td><td>>73</td><td colspan="2">淮北为石灰岩夹白云岩，淮南为白云岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">贾汪组</td><td colspan="2">5～14</td><td colspan="2">泥灰岩，泥白云岩夹紫红、灰绿色页岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">韩家组</td><td colspan="2">20</td><td colspan="2">仅分布于淮北，为白云岩夹石灰岩，与下假整合</td></tr>
<tr><td rowspan="9">寒武系</td><td rowspan="3">上统</td><td>凤山组</td><td rowspan="2">土坝组</td><td>196</td><td rowspan="2">172</td><td>白云岩、石灰岩、生物碎屑灰岩</td><td rowspan="2">白云岩</td></tr>
<tr><td>长山组</td><td>22</td><td>石灰岩、鲕灰岩、生物碎屑灰岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">崮山组</td><td colspan="2">44～76</td><td colspan="2">鲕白云岩、白云岩</td></tr>
<tr><td rowspan="2">中统</td><td colspan="2">张夏组</td><td colspan="2">146～221</td><td colspan="2">鲕灰岩，砂砾屑灰岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">徐庄组</td><td colspan="2">146～189</td><td colspan="2">石灰岩，砂砾屑灰岩、鲕灰岩、紫红色粉砂岩，页岩</td></tr>
<tr><td rowspan="4">下统</td><td colspan="2">毛庄组</td><td colspan="2">121～152</td><td colspan="2">石灰岩、生物碎屑灰岩、鲕灰岩、紫红色页岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">馒头组</td><td colspan="2">215～240</td><td colspan="2">紫红色泥岩、页岩与石灰岩、砂砾屑灰岩、生物碎屑灰岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">猴家山组</td><td colspan="2">50～150</td><td colspan="2">下部为白云岩、上部为石灰岩夹砖红色泥灰岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">凤台组</td><td colspan="2">0～151</td><td colspan="2">砾岩、白云岩、灰紫色页岩、与下假整合</td></tr>
</table>

本区寒武系岩相变化不大，主要为局限海台地相、开阔海台地相和潮下浅滩相。奥陶系肖县组、马家沟组相带分异较明显，淮北主要为局限海台地相和开阔海台地相；淮南为局限海台地相和潮坪泻湖相。

*2. 有机地化条件*

本区地面和井下岩样地化分析资料见表3-3-24。本区下古生界有机碳和发光沥青含量普遍较低，有机质丰度低，但结合其它资料，以下三个层位在局部地区，有可能具有生油条件。

**表3-3-24 两淮地区下古生界生油地化数据表**

| 层位 | | 有机碳（C）% | 发光沥青（B）% |
|---|---|---|---|
| 奥陶系中下统 | | 0.027～0.087 | 0～0.005 |
| 寒武系 | 上统 | 0.011～0.136 | 0～0.003 |
| | 中统 | 0.027～0.136 | 0.001～0.025 |
| | 下统 | 0.027～0.093 | 0.001～0.006 |

（1）淮南的寒武系中统徐庄组　该组上部在淮南一带的岩性为含生物碎屑灰岩和砂砾屑灰岩。淮南蔡家岗白家山、丁家山油苗即位于此层位之中，据岩样分析：有机碳含量为0.066～0.12%，氯仿沥青"A"为0.009%，族组分分析：饱和烃51.85%，芳香烃3.71%，非烃32.59%，沥青质11.85%，总烃0.005%，A／C＝7.5～13.6%，烃／C＝4.1～7.5%。

（2）淮北的寒武系上统长山组、凤山组　长山组、凤山组在淮北属开阔海台地相和潮下浅滩相沉积，含有丰富的代表正常海环境下生活的三叶虫、头足类、腕足类、笔石等化石，在宿县夹沟凤山组下段生物碎屑灰岩和含白云质灰岩中发现油苗，有机碳含量为0.044～0.137%。发光沥青含量为0.012～0.025%。

（3）淮北奥陶系的马家沟组　淮北的马家沟组含有丰富的三叶虫、层孔虫、头足类等化石，属于开阔海台地相沉积，宿县的马家沟组个别样品氯仿沥青"A"含量可达0.013%。

*3. 储集条件*

本区下古生界碳酸盐岩发育，其储集空间主要为裂隙，其次为孔隙。目前已发现的地面油苗和井下含油显示，大部分与裂隙有关，见表3-3-25。本区下古生界碳酸盐岩，原生孔隙不发育，因而，构造裂隙作为储集空间便上升到重要位置。淮南的风深1井，土坝组白云岩微裂隙发育，钻进中漏失泥浆60方，测井解释为裂缝段。有关孔隙含油见于濉浅1井、濉浅2井贾汪组的白云质角砾岩，该角砾岩正好位于寒武系与奥陶系之间的假整合面上，假整合面可能成为油气运移的通道和储集空间。

总之，本区下古生界有一定的油气勘探远景，但勘探程度很低，今后油气普查工作，可选择生储油相带和保存条件都比较好的地区，首先进行地震勘探，落实圈闭，再选择最有利的圈闭，进行钻探。

表 3-3-25　两淮地区下古生界含油显示表

| 层位 | 含油显示类型 | 发现地点及井段（m） |
|---|---|---|
| 马家沟组 | 浅灰色白云岩的方解石脉具荧光显示（七颗岩屑） | 风深1井<br>641.5～648 |
| 贾汪组 | 深灰色白云质角砾岩，角砾和胶结物具荧光显示 | 濉浅1井 241～244.5，濉浅2井 256～260 |
| 凤山组 | 浅灰色含生物碎屑灰岩，含白云质灰岩的方解石脉、晶洞中含原油 | 宿县夹沟拐山 |
| 土坝组 | 灰白色中晶白云岩微细裂隙及两侧围岩含原油 | 风深1井<br>750～768 |
| 张夏组 | 深灰色亮晶砂屑灰岩的方解石脉、缝合线及两侧围岩具荧光显示 | 濉浅1井<br>619.81～622.68 |
| 徐庄组 | 深灰色亮晶鲕粒灰岩的缝合线及其围岩具荧光显示 | 濉浅1井<br>706.08～708.90 |
| 徐庄组 | 深灰色含生物细粉晶灰岩、泥晶砾屑灰岩的方解石脉及其晶洞含原油 | 淮南蔡家岗白家山、丁家山 |

## 第三节　阜阳地区（周口盆地东部）[1]

阜阳地区位于安徽省西北部，西与河南省接壤。行政上属阜阳市、阜阳、阜南、临泉、界首、太和、利辛、涡阳、亳县八县一市管辖，面积约一万平方公里。地面几乎全为第四系覆盖。本区地势平坦，农田以旱地为主。交通方便，除有以阜阳市为中心的公路网外，阜阳还有铁路分别与津浦、淮南、陇海等铁路相连接。

### 一、勘探简史

本区石油勘探工作大体可划分三个阶段。

*1. 1955 年至 1973 年上半年*

自 1955 年地质部等单位开展周口盆地地质普查工作以来，本区完成了百万分之一的重磁力概查，二十万分之一的重磁力面积普查，二十万分之一的地质填图。贯穿整个周口盆地还完成了四条东西向区域电法大剖面和盆地中部二十万分之一的连片电法面积测量和五条区域地震大剖面，并在倪丘集凹陷西部进行了地震面积普查。1966～1967 年，华东煤建公司第四勘探队在本区完成 1200 米以内浅井九口（阜 1、2、3、5、6、7、8、10，亳 1 井）。

*2. 1973 年下半年至 1980 年*

1973 年下半年，安徽石油勘探公司根据石油工业部地球物理勘探局在倪丘集凹陷地震普查发现的光武构造上钻了第一口参数井阜深 1 井，完钻井深 3300 米，揭露了一套第三系红色砂、泥岩地层，并在 2804～2838 米井段发现气测异常，3004～3101 米井段发现荧光砂岩，下套管后，对 3002.6～3013.8 米井段进行了试油，日产水 10.2 立方米。为了进一步查明光武构造的含油性，接着钻了阜深 2 井，于 2859 米钻穿下第三系进入二叠系，3427.9 米

[1] 安徽石油勘探处，1987，安徽省中、新生代油气资源评价。

完钻，井底地层为上石盒子组，本井于2600～2735米井段（第三系）见荧光砂岩，并经取芯证实。1975年在倪丘集凹陷的双浮集构造上钻了阜深3井，完钻井深3000米，钻达下第三系双浮组第二段完钻。后又在三塔集凹陷深凹部位钻了阜深4井，完钻井深3330.27米，未钻穿下第三系。在此期间，石油工业部地球物理勘探局仍继续在倪丘集、三塔集和鹿邑凹陷开展地震普查工作。

*3. 1981年至1988年*

1981年开始，石油工业部地球物理勘探局针对煤成气勘探在本区继续进行地震勘探，在倪丘集凹陷作测线363公里，并对以往地震剖面重新进行数据处理，综合解释后提出大王庄构造是一个值得钻探的构造。为了进一步落实大王庄构造，1984年冬至1985年春，安徽石油勘探公司又部署了一个地震队，提出了一口深井井位，并对颜集凹陷作了地震概查。

在此期间，地质矿产部第六物探大队在安徽北部（包括阜阳地区）开展了区域地震普查。地质矿产部华北石油地质局在本区先后打了南4、5、6三口深井，1986年又在光武构造上针对古生代目的层打了南11井，该井完钻井深4603米，于2922米打穿第三系进入石炭二叠系至奥陶系完钻，本井在下第三系底部及上石盒子组发现砂岩裂隙中含油和油迹砂岩。与此同时，河南石油勘探局在光武古潜山构造上钻了周参20井，该井完钻井深4220米，3495米钻穿下第三系进入寒武系石灰岩完钻，未见油气显示。

1987年5月，地质矿产部华北石油地质局在倪丘集凹陷大王庄构造上钻南12井，设计井深3500米，目的层为石炭二叠系，钻达1609～1671米井段于下第三系下部发现良好油气显示，提前于1749.72米完钻，下油层套管，射开顶部二层6.4米油层，获日产3吨的工业油流，稍后在南12井南北两侧分别钻了南13、14井，均未见油层。

1987年，石油工业部地球物理勘探局在本区南部的临泉凹陷完成了5×4公里测网的地震普查，发现了一批局部构造，其中以杨桥构造闭合面积最大，达17.5平方公里，建议在这里打一口参数井，该井井号为阜深5井，1988年8月17日开钻，现未完钻。

本区累计共完成地震测线2643公里，其中石油工业部系统完成2159公里，地质矿产部系统完成484公里；共完钻深井12口，其中安徽石油勘探公司钻井4口（阜深1、2、3、4井），地质矿产部华北石油地质局完成7口（南4、5、6、11、12、13、14井），河南石油勘探局完成1口（周参20井），总进尺37017米。

## 二、地层

*1. 沉积简史*

本区最老地层为太古界花岗片麻岩，其上浅海相震旦系至中奥陶统地层广泛分布，缺失晚奥陶世—早石炭世沉积，中石炭统—二叠系为海陆交互相含煤建造，可能在全区均有分布，后由于地壳不均匀抬升，部分地区遭受剥蚀。燕山期块断运动导致次级凹陷开始形成，并伴有小规模岩浆喷发活动。侏罗—白垩系在周口盆地中部及西部的午阳、谭庄、沈丘凹陷中已经揭露，为半深水湖—浅水湖相沉积，根据地震资料，推测本区南部在临泉、阜阳凹陷也可能分布。喜山早期块断活动进一步加强，使本区进一步断陷和分割，是凹陷的主要形成期，凹陷内沉积了巨厚的河湖相红色碎屑岩。早第三纪末，全区抬升剥蚀。喜山晚期再次下沉，形成了统一的沉积区，沉积了单一的河流相红色碎屑岩。

*2. 地层*

本区钻井揭示的地层见表3-3-26。

关于古生界地层，在两淮地区一节已有叙述，而中生界地层，虽然推测本区可能存在，

**表 3－3－26 阜阳地区钻井分层数据表**

| 层位 | | 阜深1 (m) | 阜深2 (m) | 阜深3 (m) | 阜深4 (m) | 南4 (m) | 南5 (m) | 南6 (m) | 南11 (m) | 南12 (m) | 周参20 (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 系 | 组 | | | | | | | | | | |
| 第四系 | 平原组 | 213.5 | 211.5 | 272. | 207.5 | 281.5 | 136. | 105. | 237. | . | |
| 上第三系 | 明化镇组 | 958. | 969. | 837. | 874. | 934. | 748.5 | 619.5 | 849. | | |
| | 馆陶组 | 1263. | 1270.5 | 1079.5 | 1357. | 1133. | 1185. | 815.5 | 1228. | 1048. | 1240.5 |
| 下第三系 | 光武组 | 1722. | 1618. | 1397. | 1642. | 1244.5 | 1243. | | 2190. | 1268. | |
| | 双浮组 | 3300. ▼ | 2859. | 3000. ▼ | 3330.27▼ | 2785.5 | 3043. | 897.5 | 2922. | 1708. | 3495. |
| 二叠系 | 石千峰组 | | 3287.5 | | | 2801. | | 缺 | 失 | 1749.72▼ | |
| | 上石盒子组 | | 3427.92▼ | | | 3160. | | 1404. | 3863. | | |
| | 下石盒子组 | | | | | 3290. | 缺 | 1518.2 | 4020. | | 缺 |
| | 山西组 | | | | | 3363. | | 1606.2 | 4085. | | |
| 石炭系 | 太原组 | | | | | 3484.5 | | 1706.8 | 4252. | | |
| | 本溪组 | | | | | 3499.5 | | 1733. | | | 失 |
| 奥陶系 | 马家沟组 | | | | | 3601.67▼ | | 2048.5 | 4603. ▼ | | |
| 寒武系 | | | | | | | 失 | 2859. | | | 4220 |
| 震旦系 | | | | | | | | 3064.5 | | | |
| 太古界 | | | | | | | 3178.8▼ | 3206.06↓ | | | |

但至今未被钻井揭露，只能参考周口盆地中部及西部（河南省境内）的资料，因此，这里仅对第三系地层作一简述，参见表 3-3-27。

*3. 地层时代讨论*

关于本区第三系各组地层的地质时代问题，现将安徽省地质局区调队意见叙述如下：

(1) 双浮组一、二段　本段含强状冠轮藻 *Stephanochara fortis*、华南新轮藻 *Neochara huananensis*、美丽中华金星介 *Sinocypris pulchra* 等，其中中华金星介就目前所知，繁盛于早始新世，美丽中华金星介见于苏北古新世阜宁组；轮藻以培克轮藻 *Peckichara* 为重要种属，荒漠戈壁轮藻 *Gobichara deserta* 和强状冠轮藻见于浙江古新世长河群一、二段。本段化石类群较接近于渤海沿岸的孔店组及浙江长河群，再结合地层层序、区域地层对比观点，将双浮组一、二段暂划归于古新世较合适。

(2) 双浮组三、四段及光武组　其中所含以江陵钝头轮藻 *Obtusochara jianglingensis*、潜江扁球轮藻 *Gyrogona qiangjianensis* 为代表的轮藻组合及呆板美星介 *Cyprinotus nebandus*、长艳真星介 *Eucypris longicallida* 等介形类，见于渤海沿岸沙河街组四段、湖北潜江组及苏北戴南组，时代为始新世。

(3) 馆陶组　本组为梅里安有盖轮藻 *Tectochara meriani*、球形有盖轮藻 *T.globula* 为代表的轮藻化石组合；孢子花粉以光山核桃粉 *Caryapollenites simplex*、波纹榆粉

*Ulmipollenites undulosus* 等为中新世特征分子。以岩性特征与古生物组合特征分析，本组与华北馆陶组和江苏盐城组下段大体可以对比，其时代定为中新世较合适。

**表 3-3-27　阜阳地区第三系地层简表**

| 层位 | | | | 视厚度 (m) | 岩性 |
|---|---|---|---|---|---|
| 系 | 统 | 组 | 段 | | |
| 第四系 | | 平原组 | | 210～270 | 土黄、棕红色粘土、砂层及含砾砂层，富含铁锰质结核 |
| 上第三系 | 上新统～中新统 | 明化镇组 | | 806～1059 | 浅棕黄色粉砂质泥岩与同色泥质粉砂岩互层，下部夹较多浅灰绿色砂岩<br>本组普遍含灰质及铁锰质结核 |
| | | 馆陶组 | | 242～305 | 浅灰绿色、棕黄色砂砾岩、含砾砂岩与红棕色粉砂质泥岩互层 |
| 下第三系 | 始新统～古新统 | 光武组 | | 347 | 红棕色粉砂质泥岩与浅红棕色泥质粉砂岩互层 |
| | | 双浮组 | 四 | 113～165 | 棕褐色泥岩与浅棕色、灰白色砂岩、含砾砂岩互层 |
| | | | 三 | 445～798 | 棕褐色泥岩与浅黄灰色、灰白色中、线砂岩互层 |
| | | | 二 | 535～692 | 棕褐色泥岩与浅棕色、灰白色粉、细砂岩互层，夹灰质砂岩 |
| | | | 一 | 96～154 | 灰色、灰白色角砾岩夹棕红色泥砂质角砾岩、角砾成分主要为石灰岩、白云岩 |

(4) 明化镇组　本组含以球状有盖轮藻，苏北迟钝轮藻 *Amblyochara subeiensis*、窄似轮藻 *Charites angusta* 等为代表的轮藻组合，它们常见于华北明化镇组，江汉盆地的广华寺组和苏北的盐城组上段，时代为上新世。

**三、构造**

阜阳地区位于周口盆地的东部。周口盆地是一个新生界为主的断陷盆地，其中阜阳地区的北、东、南三面分别为太康隆起、徐蚌隆起和长山隆起，向西与周口盆地主体部分相连接。阜阳地区的构造区划由六个凹陷四个凸起所组成，见图 3-3-14。自北而南有：鹿邑凹陷、颜集凹陷、古城凸起、倪丘集凹陷、三塔集凹陷、太和凸起、临泉凹陷、老集凸起、阜阳凹陷、阜南凸起等。凹陷中第三系厚度较大。太和凸起以北的凹陷中，一般保存有石炭、二叠系；以南的凹陷中，推测石炭、二叠系缺失，第三系以下有较厚的中生界。凹陷是本区油气勘探的主要对象。其中倪丘集凹陷勘探程度稍高，其次为临泉凹陷。

*1. 倪丘集凹陷*

位于古城凸起与太和凸起之间，面积 1300 平方公里，呈方形，自南往北节节抬升北掉，为南断北超型凹陷。见图 3-3-15。

上古生界石炭二叠系沉积后，当西面的沈丘凹陷和南面的临泉、阜阳凹陷接受 2000～5000 米厚的中生界侏罗—白垩系沉积时，本区与郸城凸起、太和凸起、甚至与北面的太康隆起连成一片，处于相对较高部位，未接受

沉积。倪丘集凹陷的主要发育期为喜山早期古、始新世，沉积了厚达 5000 米的下第三系地层。早第三纪晚期经抬升受剥蚀，与上第二系呈明显角度不整合关系。倪丘集凹陷内，上古生界煤系地层保存较好，大体以光武—双浮集断裂为界，北部面积 850 平方公里，石炭—二叠系残留厚度 1000～1300 米，底界最大埋深 6000～7000 米，而南部面积 460 平方公里内，预计石炭、二叠系大部分缺失，奥陶系顶面最大埋深 5500 米。

断层在下第三系反映为不同规模、不同方向的正断层。断层走向主要东西向，次为北东向，少量为南北或北西西向，切割形成典型的断块构造带。主要构造带有：光武—双浮集断裂构造带、光武—郭寨构造带、靳庄—范庙构造带和大王庄半背斜构造带。发育有局部构造约 20 个，总闭合面积近 180 平方公里，其中基本落实的局部构造有光武、双浮集、大王庄三个构造，其构造要素见表 3–3–28。

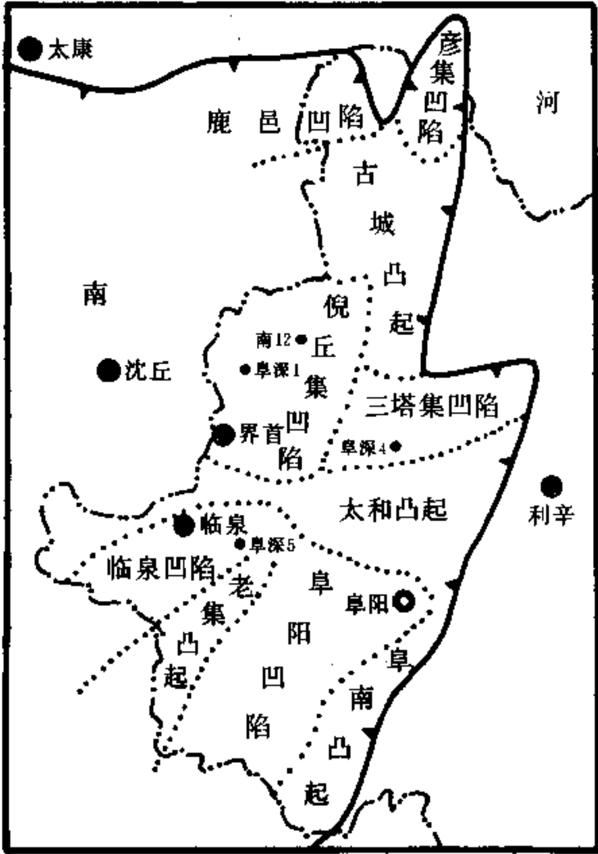



图 3–3–14 阜阳地区构造分区图（等深线单位为 m）

**表 3–3–28 倪丘集凹陷局部构造要素表**

| 构造名称 | 反射层位 | 高点深度 (m) | 闭合幅度 (m) | 闭合面积 ($km^2$) | 断块数 |
|---|---|---|---|---|---|
| 光武 | $T_7$ | 2700～4100 | 100～500 | 10.7 | 3 |
| | $T_g^1$ | 3600～4200 | 100～700 | 16.7 | 6 |
| | $T_g$ | 3900～4400 | 100～700 | 23.9 | 6 |
| 双浮集 | $T_7$ | 3700 | 600 | 17.2 | 1 |
| | $T_g^1$ | 4300 | 600 | 15.2 | 1 |
| | $T_g$ | 3700 | 600 | 17.2 | 1 |
| 大王庄 | $T_g$ | 2000～2400 | 200～400 | 7.3 | 3 |
| | $T_g^1$ | 2100～2700 | 400 | 9.2 | 3 |

$T_7$：第三系底界；

$T_g^1$：二叠系石千峰组平顶山砂岩底界；

$T_g$：奥陶系顶界或石炭—二叠系底界。

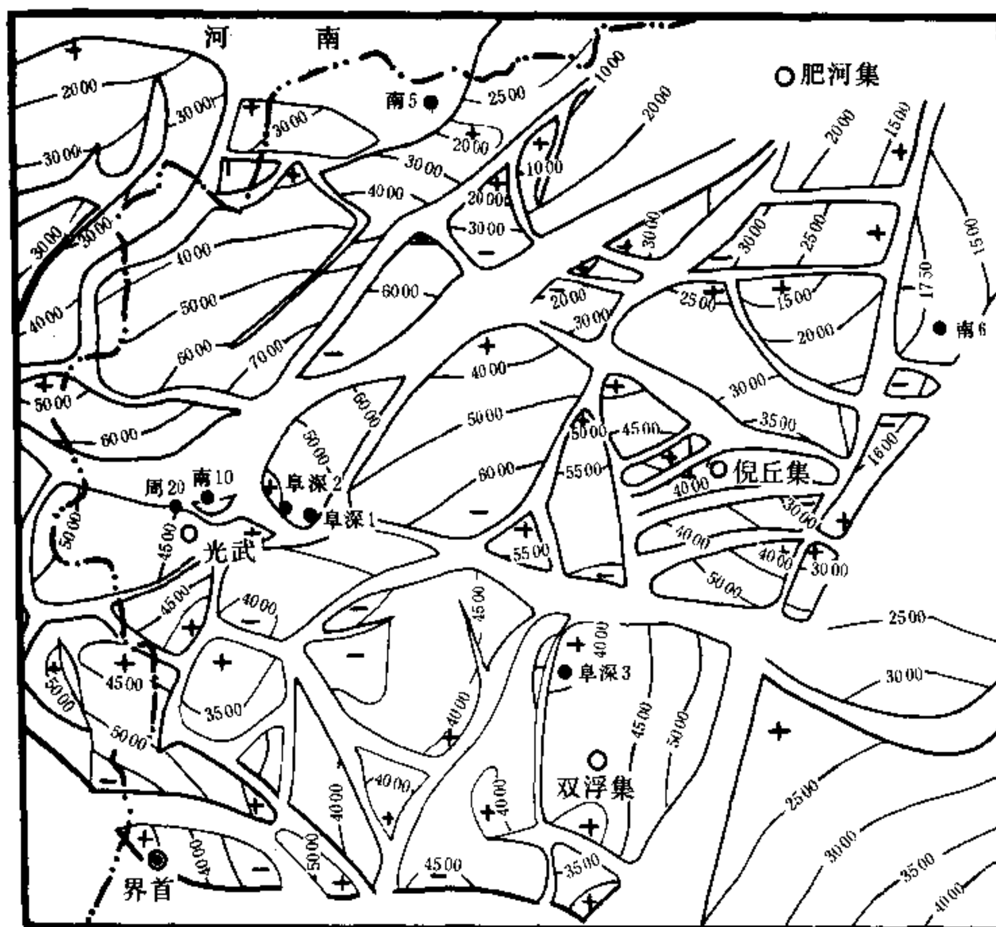



图 3-3-15 倪丘集凹陷地震 $T_g$ 反射层构造示意图（等深线单位 m）

大王庄构造的形态见图 3-3-16。

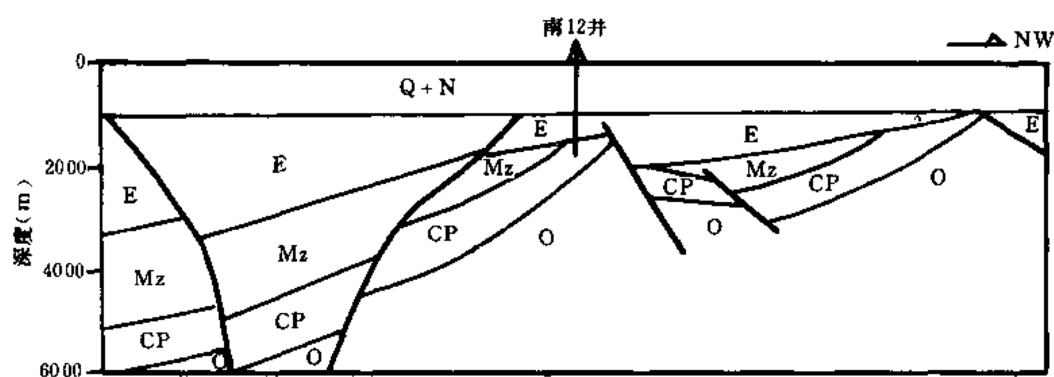



图 3-3-16 倪丘集凹陷过大王庄构造地震 674 测线地质解释剖面图

*2. 临泉凹陷*

临泉凹陷呈北东向，长约 70 公里，面积约 1200 平方公里，其中安徽境内约 800 平方公里。凹陷的中部和西部为北断南超，东端为双断地堑。见图 3-3-17 及图 3-3-18。根据地

震资料，凹陷内第三系厚2000～4000米，中生界厚3000米以上，上古生界煤系地层可能缺失，寒武—奥陶系厚度大于800米。

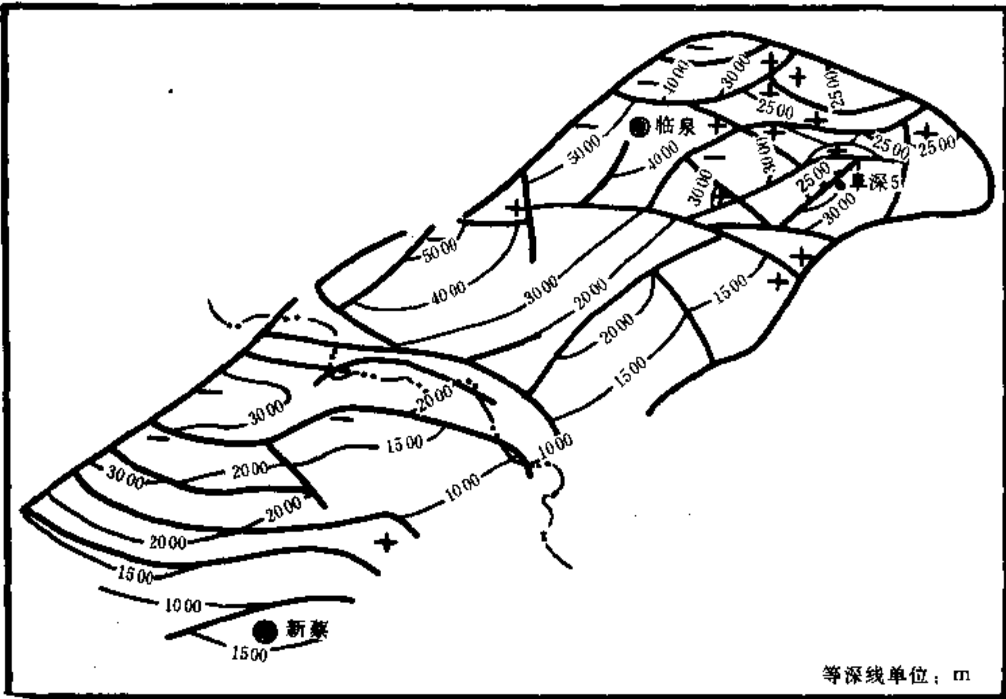



图3-3-17 临泉凹陷地震$T_7$反射层构造示意图

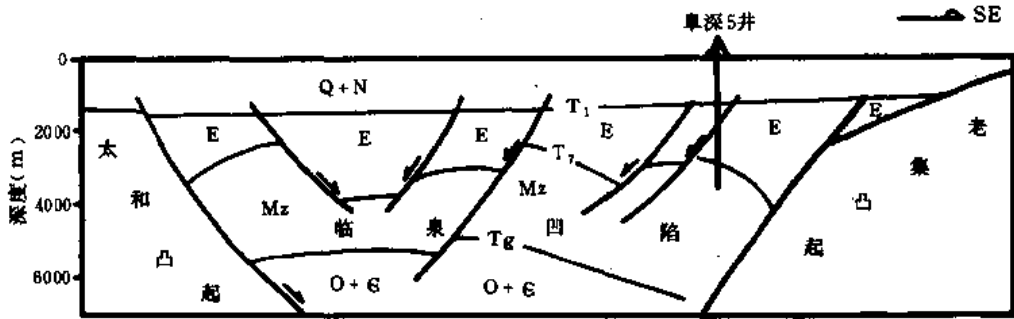



图3-3-18 临泉凹陷地震87-681测线地质解释剖面图

临泉凹陷可划分三个二级构造带

(1) 杨桥中央背斜带　本带位于凹陷东端，为临泉断裂与杨桥断裂间断陷凹陷中的隆起构造带，面积160平方公里，其中以杨桥背斜面积最大，此外还有张寨背斜等。杨桥背斜$T_7$反射层闭合面积17.5平方公里，为一短轴背斜，轴向北东，其四周被断层切割。在顶部，沿长轴方向有一条北东向断层，将背斜分为东西两个断鼻。西断鼻闭合面积7.5平方公里，闭合度300米，高点埋深2500米；东断鼻闭合面积约10平方公里，闭合高度600米，高点埋深2400米。

(2) 邢唐断鼻带　本带由一系列断鼻构造（周楼、邢唐、韦寨等）组成，呈北西向展

布。可能为一北西西向倾向深凹的鼻状构造带被一条北西向断层和一系列北东向断层切割形成。

(3) 野里构造带 本带位于安徽、河南两省边界附近，处于韩集与瓦店两个深凹的鞍部，北西向展布，较落实的有刘庄断鼻构造（河南省境内）。

*3. 三塔集凹陷*

东西长60公里，面积950平方公里，为一南断北超的箕状凹陷，与倪丘集凹陷相通，并具有类似的地史特点。凹陷呈东西向延伸。上古生界煤系地层主要分布在凹陷北部，分布面积约270平方公里，顶面埋深最大3500米。其余地区基底为寒武—奥陶系。凹陷基本上为一单斜，局部构造不发育，个别地震测线显示东西有两个次凹，中间为隆起。

*4. 阜阳凹陷*

为一北断南超，主体呈北东向延伸的箕状凹陷，面积1700平方公里。阜阳凹陷与临泉凹陷有类似的地震剖面结构和沉积特征。在$T_7$（第三系底）反射波以下有一套信噪比低的空白段，可能为侏罗—白垩系地层。上古生界煤系地层在本区缺失，$T_g$（奥陶系顶面）反射波与下伏波组呈大角度不整合，与上覆反射层呈小角度不整合。临泉与阜阳两个凹陷呈鞍部沟通。

*5. 鹿邑凹陷*

为南断北超的箕状凹陷，仅有一部分位于安徽境内，形态比较单一，北东方向延伸的郸城、亳县大断裂，为凹陷南界，第三系厚度大，古生界基底最大埋深达8000米。上古生界煤系地层严重剥蚀，残留厚度0～500米。

*6. 颜集凹陷*

面积300平方公里，其中安徽境内面积约240平方公里，为一北北东向西断东超的中、新生代箕状凹陷。

**四、生油条件及油气显示**

根据钻井揭露的地层资料和各时代地层沉积条件分析，本区可能存在四套生油层系

*1. 下古生界可能生油层系*

下古生界总厚1400～1600米，由灰质岩、泥页岩、白云岩组成。根据现有地化分析资料，大部分灰质岩的有机质和沥青含量均不丰富，一般有机碳含量0.01～0.09%，荧光沥青含量0.001～0.006%，周参6井2899～3048米井段揭露有149米深灰色泥岩，有机碳平均含量0.26%，氯仿沥青“A”0.008%，镜质体反射率（$R_o$）2～3%，生油条件均不理想。但一些地区的某些层位相对较好：如淮南一带，寒武系中统徐庄组上部为细粉晶含生物碎屑灰岩和泥晶砂、砾屑灰岩，厚70米以上，并在白家山与丁家山一带发现在方解石脉及石灰岩晶洞中含轻质原油。又如在淮北宿县夹沟寒武系上统凤山组下部，有30米泥晶生物碎屑灰岩及泥晶含白云质灰岩，在方解石脉及晶洞中见油苗。此外，淮北地区，在奥陶系马家沟组中含有丰富的三叶虫、层孔虫、头足类等化石，属开阔海台地相沉积，是值得重视的一套地层。

*2. 石炭、二叠系生油岩系*

这套地层在本区总厚835～1040米，根据两淮煤田资料，煤层自北向南层数增多，厚度加大。淮北地区有煤层27层总厚15.7米；淮南地区有煤层36层总厚40余米，其中累计最大厚度77.7米。煤层变质程度多处于气、肥煤阶段，镜质体反射率（$R_o$）变化在0.78～0.88%。这套地层内还发育有300～500米暗色泥岩（生油条件详见本章第三节）。本区钻达

这套地层的深井中常见油气显示，如光武构造上的南 11 井上石盒子组 2941～2948.6 米井段（厚 6.8 米），3073～3079 米井段（厚 3 米）砂岩裂隙含油；3442～3445 米井段（厚 3 米）砂岩有油迹；下石盒子组 3904.1～3906.6 米井段（厚 2.5 米）、山西组 4062.7～4066.3 米井段（厚 3.6 米）有气测异常。此外，光武构造上的阜深 2 井，淮南的风深 1 井以及定远凹陷内的合深 4 井，在石炭、二叠煤系地层中都发现有气测异常。

*3. 上侏罗—下白垩统生油层*

在周口盆地中部和西部（均在河南省境内）的西平、谭庄、沈丘等凹陷发育有 700～1500 米的生油层，有机碳含量 0.47～1.15%，氯仿沥青“A”0.005～0.026%，总烃 59～487 毫克／公斤，$S_1$+$S_2$0.05～0.6 公斤／吨。沈丘凹陷的周参 10 井，周参 11 井，周参 12 井在这套地层中见油显示，并在周参 12 井中途测试获 3.76 立方米／日的工业油流，原油比重 0.8596，凝固点 29℃，粘度 9.06 帕秒（50℃），含胶质沥青 6.57%、蜡 13.2%、硫 0.11%，推测本区南部的临泉、阜阳凹陷可能发育这套生油层。

*4. 下第三系生油层*

在周口盆地西部的午阳、襄城、谭庄凹陷发育有 500～1700 米厚的生油层，有机碳含量 0.28～1.9%，氯仿沥青“A”0.02～0.156%，总烃 107～108 毫克／公斤。本区在下第三系中尚未发现生油层，但在倪丘集凹陷钻井中于下第三系发现多处油气显示，在光武构造上地质矿产部华北石油地质局所钻的南 11 井在井深 2909～2914 米、2916.8～2918.6 米等井段见砂岩裂隙含油；大王庄构造上的南 12 井，在下第三系底部砂岩中获工业油流，其原油相对密度小于 0.81，凝固点为−32℃，含饱和烃 62%、芳香烃 26.47%、非烃 9.31%、沥青质 1.05%。关于倪丘集凹陷下第三系油气显示的来源问题，目前尚有不同认识。

**五、生储盖组合**

本区可初步划分为四套生、储、盖组合或储盖组合。

*1. 下古生界储盖组合*

白云岩、裂隙灰岩、鲕粒灰岩等可作为储集层，特别值得重视的是奥陶系顶面风化壳和寒武系、奥陶系之间的假整合面上存在次生裂隙和溶蚀孔洞；淮南风深 1 井于井深 754 米穿过假整合面进入寒武系土坝组，泥浆漏失 60 立方米，755～771 米测井解释为裂隙段，发现白云岩微裂隙中有荧光显示和油迹。下古生界所夹泥岩、页岩、泥质灰岩及上覆的石炭、二叠系等均可作为盖层。

*2. 石炭二叠系生、储、盖组合*

根据皖北区域地层资料，石炭、二叠系生油层与四套次一级的储盖组合构成大一级的生储盖组合，这四套次一级的储盖组合是：

(1) 石千峰组下部、上石盒子组上部的紫红色、杂色页岩，厚 370 米左右，为盖层；上石盒子组下部、下石盒子组顶部的中粒砂岩，厚 20～30 米为储集层。

(2) 下石盒子组上、中部的深灰色泥岩厚 30～50 米为盖层，本组下部有 50 米细～中砂岩为储集层。

(3) 下石盒子组底部的铝土质杂色泥岩厚 13 米与山西组顶部的含砾粗砂岩（厚 6 米）组成储盖组合。

(4) 太原组深灰色泥岩与其间的细粉砂岩和裂隙灰岩构成储盖组合。

上述组合中砂岩的储油物性一般都很差，孔隙度一般仅 3～4%，渗透率一般小于 $1\times10^{-3}$ 二次方微米，最高为 $27\times10^{-3}$ 二次方微米，属于低孔隙低渗透储集层。

*3. 侏罗—白垩系生储盖组合*

大套暗色泥岩夹砂岩组成自生自储的生储盖组合，根据周口盆地中部周参 11、12 井资料，砂岩一般致密、坚硬、物性差，孔隙度 3～8%，渗透率 $0.98\times10^{-3}\sim6.4\times10^{-3}$ 二次方微米。

*4. 下第三系储盖组合*

下第三系砂岩发育，砂岩占整个地层剖面的厚度一般超过百分之五十，其中中、上部砂岩一般质地疏松，物性较好，孔隙度一般 13～29.3%，渗透率 $12\times10^{-3}\sim87.8\times10^{-3}$ 二次方微米，最高 $318\sim812\times10^{-3}$ 二次方微米。下部砂岩及砂砾岩多为灰质胶结，较致密坚硬，物性较差。下第三系在斜坡区泥岩不发育，缺乏稳定的厚层泥岩盖层，推测向沉积深洼区盖层条件可能变好。

**六、圈闭条件**

本区已发现的局部构造显示较多，总数达 30 个，但由于地震测网稀，大部分构造尚待落实。已经发现的局部构造，主要为背斜、断鼻型，一般上（第三系）中（侏罗～白垩系）下（古生界）构造层都有显示，局部构造上的次一级断层较发育，常被切割为若干断块。初步分析，本区有多种类型的圈闭，如构造、地层及古潜山圈闭等。

**七、评价和勘探方向**

阜阳地区面积大、沉积厚，已钻探的三个局部构造（光武、大王庄、双浮集），其中一个已获工业油流，另一个有油显示，效果是较好的，说明本区有油源存在，加之局部构造发育，圈闭类型多，因此，对本区的含油气评价应该是乐观的。本区地震地质条件好，自然及交通条件优越，便于进行勘探工作。但也应该看到，本区勘探工作已断续进行了 17 年，凡是已发现的评价较好的局部构造大部分已经预探，而仅有一口井获得油流，这就说明，本区的地下情况是比较复杂的，需要进一步研究。

## 第四节 合 肥 盆 地

合肥盆地位于安徽省中部，地跨合肥、肥东、定远、霍邱、颍上等县、市，面积约 2 万平方公里。地面大部分被第四系覆盖（图 3—3—19）。

**一、勘探简史**

合肥盆地的油气普查工作开始于 1958 年，目前仍处在区域普查勘探阶段，可划分为如下两个阶段。

*1.第一阶段（1958～1964 年）*

本阶段完成了 1：20 万航磁、地面重、磁力普查，在盆地北部作过少量垂向电测深测量，并在部分地区进行了化探工作。本阶段在盆地内打了 43 口地质浅井（井深在 1000 米以内），总进尺 25172 米。通过上述工作，对盆地内构造单元进行了初步划分，并在盆地北部朱巷地区所钻的朱 1 井，首次发现下白垩统朱巷组有 30 多米厚的暗色泥岩，分析认为是可能的生油岩。

*2.第二阶段（1970～1985 年）*

1964 年夏～1970 年秋，合肥盆地的油气普查勘探工作暂时停止，直至 1970 年末再度开始工作，先后钻深井 6 口，总进尺 16511 米，地质浅井 14 口，进尺 12293 米，完成地震测线 1520.25 公里，其中光点地震剖面 500 余公里。钻井中未见直接的油气显示，地震资料质

量较差，仅能用于研究区域地质构造。通过本阶段的工作，对盆地内的基底、地质结构、中、新生代地层沉积发育情况以及生储盖组合等有了进一步认识。除证实了下白垩统朱巷组生油岩在东部大桥凹陷内比较发育外，并新发现上白垩统响导铺组下段和下第三系定远组有两套可能的生油岩，并指出了盆地东部为勘探的有利地区。

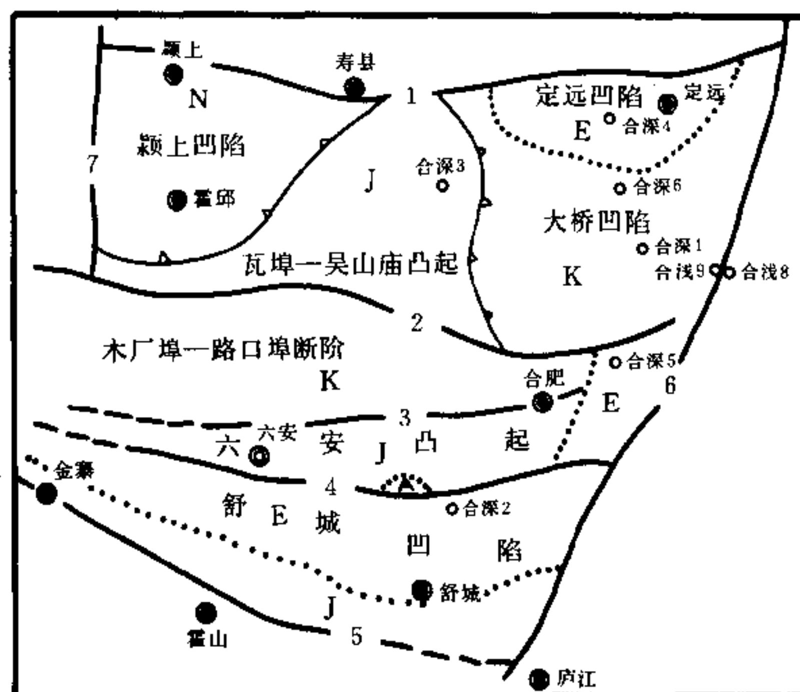



图 3-3-19 合肥盆地地理位置及地质构造略图

断层编号：1—定远—颍上断裂；2—肥中断裂；3—蜀山断裂；4—肥西—六安断裂；5—金寨断裂；6—郯庐断裂；7—南照集断裂

## 二、地层

盆地内除南部和东北部有零星露头外，几乎全被第四系所覆盖，其下发育了以侏罗系和白垩系为主体的中、新生代陆相碎屑沉积。累计厚度超过 8000 米，见表 3-3-29。

由于盆地跨华北地台和秦岭褶皱系两大构造单元，因此盆地南北中、新生代沉积有较大差异，加之大套中、新生代红层缺乏可靠化石资料，给地层划分和对比带来很大困难，目前人们除了对下侏罗统和第三系划分有比较统一认识外，对中侏罗—上白垩统的划分问题尚有争论。现将盆地内的地层简述如下。

*1.上太古界霍邱群（Arzhq）*

见于合深 3 井和肥西县防虎山地表露头，是合肥盆地北部基底，岩性为灰黑色、少量青灰色、灰绿色黑云母钾长石片麻岩。

*2.上二叠统上石盒子组*

见于盆地东北部定远凹陷的合深 4 井，主要为深灰色、灰黑色砂质页岩及灰白色、灰绿色中、细砂岩夹煤层，钻厚 213 米。

*3.侏罗系*

(1) 下侏罗统防虎山组（$J_1f$） 主要分布在肥西—六安断裂以北和肥中断裂以南的地

区，为一套巨厚层砾岩、砂砾岩为主的山麓洪积相堆积，夹碳质页岩和煤线，产霍文斯芦木（未定种）等植物化石，厚度约为 300 米。在肥西县防虎山地区，与下伏上太古界呈不整合接触。

（2）中侏罗统园筒山组（$J_2y$）　分布范围几乎遍及全盆地，已揭露的井有合深 1 井、合深 3 井。合深 3 井钻遇本组厚度 1303 米，其岩性如下：下段为紫红色粉砂质泥岩、细砂岩夹灰黑色、青灰色泥岩；中段为暗棕红色、灰白色、浅灰色细砂岩；上段为暗棕红色、紫红色细砂岩为主夹浅灰色细砂岩。

**表 3-3-29　合肥盆地中、新生代地层简表**

<table>
<tr><th colspan="4">地　层</th><th colspan="2" rowspan="2">厚　度<br>(m)</th><th colspan="2" rowspan="2">岩　　性</th></tr>
<tr><th>系</th><th>统</th><th colspan="2">组</th></tr>
<tr><td>第四系</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">0～100</td><td colspan="2">粘土、砂层、砾石层</td></tr>
<tr><td>上第三系</td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2">0～420</td><td colspan="2">泥岩、粉砂岩、底部砾岩</td></tr>
<tr><td rowspan="2">下第三系</td><td rowspan="2"></td><td colspan="2">定远组</td><td colspan="2">1200～1700</td><td colspan="2">泥岩、砂岩、砂砾岩、中部夹深灰色泥岩及膏盐层</td></tr>
<tr><td>桑涧子组</td><td>威家桥组</td><td>1053</td><td>1053～1783</td><td colspan="2">砂岩、砂砾岩、砾岩夹泥岩</td></tr>
<tr><td rowspan="3">白垩系</td><td rowspan="2">上统</td><td colspan="2">张桥组</td><td colspan="2">>1000</td><td colspan="2">粉、细砂岩，含砾砂岩夹泥岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">响导铺组</td><td colspan="2">>1400</td><td colspan="2">泥岩、砂岩，下部夹灰绿色泥岩</td></tr>
<tr><td>下统</td><td colspan="2">朱巷组</td><td colspan="2">972～2000</td><td colspan="2">泥岩、砂岩、、砾岩，下部夹深灰色泥岩</td></tr>
<tr><td rowspan="5">侏罗系</td><td rowspan="2">上统</td><td rowspan="2">周公山组</td><td>黑石渡组</td><td rowspan="2">>1400</td><td>>1500</td><td rowspan="2">砂岩夹泥岩</td><td>中性火山岩</td></tr>
<tr><td>毛坦厂组</td><td>623～1033</td><td>夹砂、泥岩</td></tr>
<tr><td rowspan="2">中统</td><td rowspan="2">园筒山组</td><td>凤凰台组</td><td rowspan="2">1303</td><td>843～2500</td><td rowspan="2">砂岩、泥岩</td><td>巨砾岩、砾岩</td></tr>
<tr><td>三尖铺组</td><td>1814～2700</td><td>砂岩、含砾砂岩</td></tr>
<tr><td>下统</td><td colspan="2">防虎山组</td><td colspan="2">300</td><td colspan="2">砾岩、砂砾岩夹碳质页岩、煤线</td></tr>
</table>

本组产介形类化石：达尔文虫（未定种）；植物化石：枞型枝（未定种），枝脉蕨（未定种）等。与下伏上太古界为不整合接触。

在盆地南部边缘，本组所出露的岩性为一套陆相粗碎屑岩，可分为上下两部分。下部为三尖铺组（$J_2s$），主要为一套紫红色具灰绿色条带、斑块的中、细砂岩、含砾砂岩，具大型斜层理，厚 1814～2700 米，与前中生界梅山群或震旦系呈不整合接触；上部为凤凰台组（$J_2f$）主要为一套暗紫红色巨砾岩和砾岩等，厚 847～2500 米。

（3）上侏罗统周公山组（$J_3z$）　在盆地内广泛分布，钻遇的深井有合深 1 井、3 井，其岩性为：下部为紫红色、暗棕红色细、中砂岩夹少量暗紫红色薄层粉砂质泥岩；上部为浅棕褐色粉、细砂岩夹粉砂质泥岩。本组厚度大于 1400 米，与下伏园筒山组可能为整合接触。

在盆地南部边缘，本统为边缘火山喷发相和火山碎屑岩相沉积，可分为两个组：下部为毛坦厂组（$J_3m$），是一套中性火山碎屑岩、熔岩夹砂砾岩和页岩，含费尔干蚌化石，厚 623～

1033 米，与下伏中侏罗统为不整合接触；上部为黑石渡组（$J_3h$），主要为一套火山碎屑岩夹沉积岩，富含植物、瓣鳃和腹足类化石，厚度大于 1500 米，与毛坦厂组呈假整合接触。

*4.白垩系*

白垩系沉积范围较侏罗系大为缩小，主要发育在盆地东部，分为上、下白垩统两部分。

(1) 下白垩统朱巷组（$K_1z$）　主要发育在东部大桥凹陷。南部的舒城凹陷也可能有沉积。合深 1 井、6 井钻遇本组，其中的合深 1 井揭露完整，岩性可分为两个部分：下段为暗棕褐色、深灰色泥岩及粉砂质泥岩，灰绿色、灰白色细砂岩，棕红色砾岩，向盆地东部厚度加大，岩性变细，深灰色、灰黑色泥岩增多，其暗色泥岩累计厚度达 600 米；上段为棕褐色粉砂质泥岩、棕灰色细砂岩、棕红色砾状砂岩和砾岩。本组含叶肢介、介形类等化石，孢粉以裸子花粉为主，占 66～81%，孢子占 19～40%，被子花粉个别出现，其中以希指蕨和短叶杉占优势。本组厚度 972～2000 米，与下伏周公山组可能为不整合接触。

(2) 上白垩统　分布范围进一步向东收缩，主要发育在郯庐断裂的西侧，在大桥凹陷内有广泛的分布，其中合深 1 井、6 井揭露完整，可分上、下两组。响导铺组（$K_2x$）下段下部为棕褐色粉砂质泥岩、灰绿色泥岩与浅棕灰色细砂岩互层；上部为棕褐色粉砂质泥岩、灰绿色泥岩。上段为浅棕褐色粉砂质泥岩夹浅棕灰色砂岩。本组在东部有火山岩侵入。发育有一套暗色泥岩，累计厚度 169 米。本组产瓣鳃类化石，孢粉中孢子占首位，占总数的 52.3%，其中以希指蕨占绝对优势，裸子花粉占第二位。本组厚度大于 1400 米，与下伏朱巷组呈整合接触。

张桥组（$K_2z$）　浅棕红色细、粉砂岩为主夹含砾砂岩，下部夹深棕红色薄层泥岩。产女星虫（未定种）、勐腊狭叶肢介等化石。孢粉组合以裸子花粉为主，主要有短叶杉、银杏、苏铁等，蕨类孢子次之，以希指蕨为主。厚度大于 1000 米，与下伏响导铺组呈假整合接触。

*5.下第三系*

合肥盆地新生界沉积范围进一步收缩，仅局限于东北部的定远凹陷和南部的舒城凹陷内。

在定远凹陷，下第三系分布面积约 600 平方公里，估计组厚约 2500 米。自下而上分为两个组。

(1) 桑涧子组（$E_1s$）　岩性为浅棕红色中细砂岩、砂砾岩等，夹深棕红色泥岩。在合深 4 井钻厚 1053 米，地表和井下分别不整合在石炭二叠系和响导铺组之上。

(2) 定远组（$E_1d$）　自下而上划分五个岩性段，厚 1200～1700 米。一、二段为棕褐色粉砂质泥岩与泥质粉砂岩互层，含石膏；三、四段以棕褐色、深灰—灰黑色粉砂质泥岩为主夹粉砂岩，含岩盐及石膏等；五段以暗棕色泥质粗—细砂岩为主，偶夹泥灰岩。本组有介形类化石：常州正星虫、延长金星虫、德卡里金星虫等；有轮藻化石：常州横棒轮藻、梨形栾青轮藻、高淳新轮藻、三垛陀螺轮藻等；孢粉组合：一、二段以被子植物为主，次为裸子植物，三、四段以裸子植物为主，被子植物次之。本组中部发育一套深灰、灰黑色泥岩和含膏泥岩，最大累积厚度为 350 米。

南部舒城凹陷，下第三系也可划分两个组。

(1) 戚家桥组（$E_1q$）　凹陷内广泛分布，面积约 3000 平方公里。主要为浅棕红色中、细砂岩、砂砾岩夹棕红色薄层泥岩，组厚 1053～1783 米，与下伏上白垩统呈不整合接触。

(2) 定远组（$E_1d$） 分布范围向东收缩，面积约为1500平方公里，钻遇的深井有合深2井、5井，合深2井钻厚1519米，岩性为棕褐色、灰绿色泥岩夹浅棕红色细砂岩，产介形类化石及轮藻化石。在合深2井的828～1235米井段，夹深灰绿色泥岩，累计厚度189.5米。

*6.上第三系*

仅分布在盆地西北角的颍上凹陷内，面积约2000余平方公里，推测最大厚度近1000米。岩性为青灰、灰棕色泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩，成岩性差，超覆在太古界变质岩和中、上侏罗统之上。

*7.第四系*

广布全盆地，一般厚10～20米，最厚处可达100米。上部岩性为棕黄色黄土，下部为流砂层、粘土层、砾石层互层。

盆地内部钻井分层数据见表3-3-30。

**表3-3-30 合肥盆地部分钻井分层数据表**

| 层位 \ 分层深度(m) \ 井号 | | | 合深1井 | 合深2井 | 合深3井 | 合深4井 | 合深5井 | 合深6井 | 合深8井 | 颍1井 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第四系 | | | 10 | 20 | 30 | 26 | 42 | 14 | 11 | 52 |
| 上第三系 | | | | | | | | | | 471 |
| 下第三系 | | 定远组 | | 1539 | | 1142 | 640 | | | |
| | | 桑涧子组 | | 1885 | | 2195 | | | | |
| 白垩系 | 上统 | 张桥组 | 59 | | | | 1448 | 624.5 | | |
| | | 响导铺组 | 1431.5 | | | 2296 | 2497↓ | 1897 | | |
| | 下统 | 朱巷组 | 2404 | | | | | 2748.6↓ | 762.9↓ | |
| 侏罗系 | 上统 | 周公山组 | 2690 | 3311↓ | 1053.5 | | | | | |
| | 中统 | 圆筒山组 | 3000.8↓ | | 2356.5 | | | | | |
| | 下统 | 防虎山组 | | | | | | | | |
| 二叠系 | 上统 | 上石盒子组 | | | | 2509↓ | | | | |
| 前震旦系 | | | | | 2444.9↓ | | | | | 490↓ |

## 三、构造

*1.区域构造背景*

合肥盆地是一个中、新生代断陷盆地，它的四周均以断裂为界与隆起区相连，北为定远—颍上断裂和蚌埠隆起，东以郯庐断裂为界与下扬子准地台上的张八岭隆起相连，南以金寨断裂为界和淮阳地槽褶皱带（秦岭地槽褶皱系的东端）相连，西为南照集断裂和长山隆起。

合肥盆地处于华北地台、下扬子准地台和北淮阳地槽褶皱带三个不同的大地构造单元夹

持之中，根据基底和盖层的发育情况及构造演化史，它应由两个构造性质截然不同的单元所组成。以肥西—六安深断裂为界，其北隶属于华北地台，是华北地台上的一个古生代隆起区，具有比较典型的地台性质；其南则属于北淮阳地槽褶皱带的中、新生代山前坳陷。

以肥西—六安深断裂为界，合肥盆地南北两部分的中、新生代沉积基底是不同的。肥北地区，盆地东北角的定远凹陷内，中生代地层不整合于华北型的古生界之上外，其余绝大部分地区，缺失古生代沉积，中生界直接覆于上太古界霍丘群变质的片麻岩之上。因而，对古生代沉积而言，实际上肥北地区应为一隆起区；肥南地区，中、新生代的沉积基底比较复杂，它是由下元古界庐镇关群、上元古界佛子岭群和石炭系梅山群一套巨厚的浅变质岩系所组成。推测在这套浅变质岩系之下，应存在与肥北地区的基底岩系的层位相当的上太古界大别山群深变质岩系。可以看出，作为一个油气普查的基本单位——沉积盆地而言，合肥盆地只在中生代时期才组成一个统一的沉积盆地。

*2.主要断裂*

合肥盆地的断裂主要由三个方向的断裂所组成，即：东西向断裂、南北向断裂和北北东向断裂。

(1) 东西向断裂

1) 肥中深断裂　该断裂横贯盆地的中部且因此而得名。它西起霍丘县四十里长山南麓，往东经寿县隐贤集南，过肥东县梁园镇后向东与郯庐断裂相交。长约170公里。该断裂向西延入河南省境内。肥中深断裂为一隐伏断裂，在布格重力异常图上为一线性梯度异常带。根据重力解析延拓资料分析，向上延拓5～15公里梯度带特征仍很清晰，地层垂直断距大于1公里。根据选择法正演剖面估算（靳永平、羊厚祥，1982），该断裂切穿硅铝层并深入硅镁层1～2公里。据李秀新等人的研究，认为该断裂的断裂面在重力密度界面以上为向北倾斜的逆断层，深部则为向南倾斜的正断层，断面有深层反折现象。该断裂主要控制了下侏罗统地层的分布。下侏罗统防虎山群仅分布于该断裂之南及肥西—六安深断裂以北的地区。据浅钻揭示，沿断裂两侧，中侏罗统地层有轻度的动力变质。据此推测，肥中深断裂主要形成于燕山早、中期，在喜山早期又有强烈活动。

2) 肥西—六安深断裂　该断裂西起霍山县叶集南，向东经六安市南、肥西防虎山南麓至肥西县东南与郯庐断裂相交。全长约140公里，向西延入河南省境内。在布格重力异常图上，该断裂为一线性梯度带，呈东西向展布。重力异常向上延拓20公里，梯度带仍很明显。在该断裂以北为宽缓的正磁场区，为上太古界霍丘群所引起；其南为磁力负异常区，这是由于在太古界大别山杂岩之上还有巨厚的下元古界庐镇关群、上元古界的佛子岭群和石炭系的梅山群等三套浅变质岩系存在的缘故。该断裂在防虎山南麓的地表可见其踪迹，其北盘的上太古界霍丘群已裸露地表，并与舒城凹陷的下第三系呈断层接触。由此可见，该断裂是不同性质的基底岩系的重要分界线，并且直接控制了下侏罗统地层的分布，并对整个合肥盆地的发展起着重要的作用。该断裂可能形成于凤阳期（早元古代），但在燕山早期及喜山早期又有多次活动。

3) 金牛镇—龙门冲深断裂（金寨断裂）　该断裂又称“龙门冲—南港破碎带”，在安徽境内，西起金寨县皂鞭冲，向东经金寨县南侧、龙门冲至舒城县西汤池，长约135公里。它是一条宽约4公里的断裂破碎带，主干断裂近于直立。它的西段（金寨县石板冲之西）倾向北东，倾角75°左右；中段倾向西南，倾角55°～60°；东段倾向北东，倾角70°～80°。沿该破碎带，岩石普遍受碎裂岩化、糜棱岩化，燕山中、晚期岩浆活动频繁。在垂直

磁力异常图上，该断裂表现为在变化剧烈的跳跃的背景上，有一系列梯度大的正异常顶峰，在卫星照片上，它的线性特征非常明显。推测该断裂应形成于燕山中期，在喜山早期和近代仍有活动。

4）蜀山断裂　该断裂为重力资料解释的隐伏断裂，全长约155公里。重力向上延拓5公里，重力异常梯度带仍明显存在。推测它是在燕山晚期形成的，但在喜山期还有明显的活动。沿断裂有始新世橄榄玄武岩分布。推测断面北倾，倾角较陡。

5）定远—颍上断裂　该断裂为物探资料解释的隐伏断裂。重力异常向上延拓5公里，梯变带仍很清楚。全长约175公里。在颍上一带，可见上太古界霍丘群与中侏罗统呈断层接触；在定远一带，见上白垩统与下第三系呈断层接触。推测断面南倾，倾角较陡。该断裂在喜山早期活动剧烈。

（2）南北向断裂　主要指四十里长山东侧的南照集断裂。北起颍上县南照集，向南经霍丘县周集西，在沈老庄之南同肥中深断裂相交，长约50公里。断裂西侧的霍丘群、寒武系地层，组成一走向南北、向西倾斜的单斜构造，岩石破碎，硅化强烈，裂隙发育，中酸性岩脉呈带状分布；断裂东侧为上太古界霍丘群及上覆的中、上侏罗统地层，在吴集之南见上侏罗统火山岩。据此推测，该断裂形成于晚侏罗世，但燕山晚期仍有活动。

（3）北北东向断裂　系指以郯庐断裂带为代表的新华夏系构造。该断裂带横穿安徽中部，宽约20～40公里，为合肥盆地与扬子准地台的分界线。据近年来各家的研究认为，该断裂带主要由四条断裂组成。自西向东分别为：五河—合肥深断裂；石门山深断裂；池河—太湖深断裂及嘉山—庐江深断裂。其中，嘉山—庐江深断裂为主干断裂。该断裂带是中国东部一条十分重要的巨型构造带，在地质、地球物理场、卫星影象和地貌等方面都有明显的反映。该断裂带具有长期、复杂的多旋回演变过程。推测郯庐的主干断裂形成于晚侏罗世以前，在燕山期特别活跃，并有明显的左旋平移。燕山早期其西侧强烈下沉，使合肥盆地中生代的沉积中心逐渐向东迁移，在断裂带内中生代地层较厚，较完整。由于平移扭动的结果，可能形成一些褶皱，并与主干断裂组成入字型构造。

*3.构造单元的划分*

根据盆地的基底、盖层、断裂及中、新生代的沉积分布特征，可将合肥盆地划分为七个二级构造单元。

（1）颍上凹陷　为晚第三纪凹陷，面积约2570平方公里。估计在凹陷的中心部位上第三系厚约1000米左右。上第三系分别超覆在上太古界和中侏罗统之上。

（2）瓦埠—吴山庙凸起　为中、上侏罗统的分布区，面积约3650平方公里。中侏罗统直接不整合于上太古界霍丘群之上。侏罗系厚度自西向东加厚，总厚约3000米左右。

（3）定远凹陷　为下第三系凹陷，面积约600平方公里。估计下第三系厚约2500米，白垩系较薄，合深四井揭露白垩系仅厚100米。该凹陷是淮南煤盆地向合肥盆地的延伸部分，因而在中、新生界之下有古生界分布。凹陷南部可能有逆断层存在。

（4）大桥凹陷　为白垩系的凹陷，面积约3600平方公里，白垩纪的凹陷中心可能在大桥附近。中生代地层区域性向东倾斜，其厚度大于5000米。在凹陷内，已在上白垩统响导铺组、下白垩统朱巷组中发现了两套生油层。另在凹陷的东侧安子集一带，根据地面零星露头，发现有背斜构造显示，该背斜轴向北北东，长18公里，东陡西缓，东翼倾角15°～30°、西翼倾角10°左右，北端倾没，南端不详，该背斜轴部出露上白垩统响导铺组，见图3-3-20。

(5) 木厂埠断阶　在布格重力图上为一由许多呈东西向展布的线性异常带所组成，且正、负异常呈带状相间排列，断裂发育，面积约4000平方公里。除有中、上侏罗统及白垩系分布外、在其东端的重力负异常区内有下第三系分布。

(6) 六安凸起　为中、下侏罗统分布区，面积约2000平方公里。缺失白垩系，其东端的重力负异常区有下第三系分布。其南缘见下侏罗统不整合于上太古界之上。

(7) 舒城凹陷　该凹陷为一中侏罗统至下第三系的凹陷（可能缺失早白垩世沉积），面积约4000平方公里。根据少量的地质资料推断，该凹陷中、新生界的累计厚度在6000米以上。在凹陷的南部，上侏罗统的火山岩广泛分布。

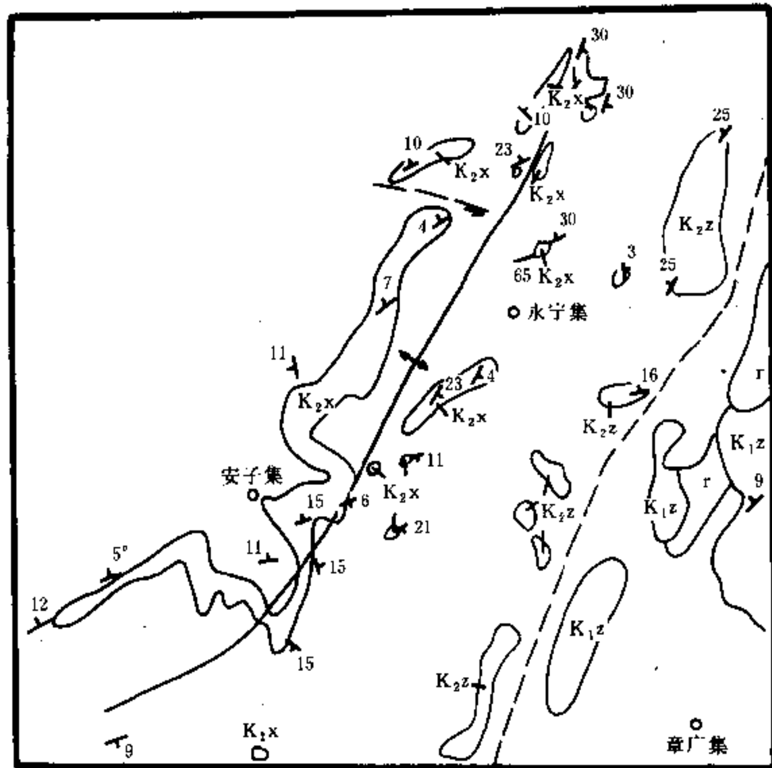



图 3-3-20　安子集背斜地质图

该凹陷的基底为北淮阳地槽褶皱带的组成部分，主要为下元古界庐镇关群、上元古界佛子岭群及石炭系梅山群组成，和华北地台的基底截然不同。从中生界的沉积建造分析，侏罗系多为类磨拉石建造，火山岩建造。因而舒城凹陷应属于北淮阳地槽褶皱带的中、新生代山前凹陷。

*4.构造演化*

合肥盆地的地史发展过程，与安徽地区的构造演化特点一样，大致可分为如下三个阶段，前震旦纪的地史发展阶段和震旦纪至三叠纪阶段，已如前述，现着重叙述中、新生代阶段。

侏罗纪至第四纪发展阶段，从侏罗纪开始，合肥盆地的地史演化进入了一个新的发展时期，即地壳活动进入大陆边缘活动型的发展阶段。在这个阶段中，除北北东向构造起主导作用外，近东西向构造作用也很明显，两者共同作用，控制了合肥盆地的发展。

北淮阳地槽褶皱带，经印支运动褶皱回返后，在燕山旋回的早期（即早，中侏罗世），由于肥西—六安断裂的再度活动，在北淮阳地槽褶皱带北侧的防虎山一带，首先堆积了厚约300米的山麓洪积相及滨湖沼泽相的碎屑岩，属充填式沉积。此时，断块运动并不强烈，断陷特征也不明显。

中侏罗世，盆地全面沉陷，沉积范围逐渐向南、向北扩展，使中侏罗统遍及全盆地。肥北地区，中侏罗统直接超覆在上太古界霍丘群之上。霍丘群顶面自西向东倾斜，中侏罗统的厚度自西向东加大；肥南地区，中侏罗世的沉积范围向南扩展，超覆在上元古界佛子岭群、

石炭系梅山群之上。这是合肥盆地的全盛时期。

合肥盆地的断陷活动自燕山中期（晚侏罗世）开始，表现特别明显。晚侏罗世，盆地南缘的金牛镇—龙门冲断裂形成，沿断裂伴随有大规模的岩浆活动，广泛分布有钙碱性—碱性火山岩系，形成火山岩盆地。肥北的中部和东部有厚约1400米左右的浅湖相沉积。此时，肥中断裂活动明显，断距加大，使其两侧的上侏罗统遭受轻微的动力变质。

燕山晚期，由于郯庐断裂活动显著加剧，其西侧大幅度沉陷，使白垩纪的沉积中心逐渐由西向东迁移，从而使合肥盆地的沉积范围不断缩小。在郯庐断裂带内，下白垩统厚度大于2000米，其中发育了一套深湖—半深湖相的暗色泥岩，厚约600米，它是目前已知的可能的生油岩层之一。晚白垩世，断陷活动仍很明显。晚白垩世早期（响导铺组）的沉积范围与早白垩世基本相同。晚白垩世晚期（张桥组），为一套河流相红色粗碎屑沉积，除在郯庐断裂带内有分布外，推测在南部的舒城凹陷也有分布。

喜山期，合肥盆地全面抬升，隆起范围扩大，盆地的沉积范围进一步缩小，形成了彼此隔绝的、互不连通的小型湖相沉积。下第三系的分布范围已缩小到盆地的北部和南部边缘。由于定远—颍上断裂的形成，同时肥西—六安断裂和金牛镇—龙门冲断裂的再度活动，使早第三纪沉积仅限于定远凹陷、舒城凹陷及肥东地区。由于早第三纪的湖盆互相隔绝且比较闭塞，出现了蒸发岩建造，这标志着陆相盆地的发展已进入尾声。

晚第三纪，盆地全面抬升，进入准平原化阶段，只在颍上凹陷内有上第三系分布，和整个华北地台一样，其厚度在1000米左右。可见到晚第三纪时盆地已趋于消亡。

综上所述，不难看出，合肥盆地在中、新生代经历了早侏罗世的填平补齐的充填式沉积—中侏罗世的全面坳陷—晚侏罗世及白垩纪的强烈断陷—第三纪的萎缩直至消亡的发生、发展的全过程。但就区域构造性质而言，它却分别隶属两个性质不同的大地构造单元。以肥西—六安深断裂为界，其北属华北地台，其南则是在北淮阳地槽褶皱带的基础上发展起来的中、新生代山前坳陷。

从合肥盆地的发生，发展的全过程分析，盆地东部，由于自燕山运动以来，郯庐断裂的西侧长期处于沉降之中，侏罗、白垩系发育比较完整，厚度达5000～7000米，而且在白垩系中目前已发现有两套可能的生油岩系，在深洼部位，它们埋藏较深，保存条件变好。因而，沿断裂带的大桥凹陷将是今后油气勘探的重点地区。其次，由于舒城凹陷堆积了较厚的中侏罗统、下第三系，在深凹部位，可能有生油层存在，也应给予足够重视。

**四、石油地质条件**

*1.生油层*

由于合肥盆地勘探程度低，资料比较少，现根据已有资料认为以下几组为可能的生油层。

(1) 下第三系定远组　该组地层主要分布于定远凹陷及舒城凹陷。在定远凹陷，本组中发育一套灰绿—灰黑色泥岩及含膏泥岩，单井累计厚度为130～200米，连井最大累计厚度为350米，分布面积约265平方公里。其有机碳含量为0.44～0.86%。发光沥青含量为$1.6\times10^{-2}\sim3.2\times10^{-2}$%。但由于埋藏过浅（顶板埋深仅200多米），缺乏有机质转化及油气生成的条件。

在舒城凹陷，下第三系定远组分布面积约3000余平方公里，在靠近凹陷北缘之合深2井中，该组地层揭示厚度为1500米，其中于828～1235米井段发育了一套浅湖相深灰绿色泥质岩，共49层，总厚189.5米，一般单层厚1.5米～5米，最大单层厚度17米。有机碳含量0.2～0.35%，发光沥青含量$1.0\times10^{-2}\sim1.5\times10^{-2}$%，最高含量为$4\times10^{-2}$%。这套暗

色地层在该凹陷东北部的合深5井中也存在，累计厚107米。这说明肥东—舒城凹陷下第三系的暗色泥质岩分布是比较广泛的，且厚度由西向东有加厚趋势，生油条件可能变好。

(2) 上白垩统响导铺组（$K_2x$） 本组主要分布于大桥凹陷，面积约3000平方公里，其厚度由西向东逐渐加厚，从厚100米到1500米，顶板埋深从15米到1200米不等。从岩性上看为一套弱氧化—弱还原环境下的浅湖相含膏碎屑岩沉积。该组下部暗色泥质岩比较发育，在合深6井中，于本组中、下部发育了一套深灰色泥岩及含膏泥岩，较集中分布在1247～1602米井段。泥岩单层厚度一般为2～6米，最大14米，累计厚度169米。其地球化学分析数据如表3-3-31。其中二价硫平均含量为0.779%，说明具有还原环境；有机碳含量为0.15～0.42%，氯仿沥青"A"含量为$2.61\times10^{-2}$～$1.38\times10^{-1}$%，烃含量为25～104ppm，烃转化率一般小于3%。这些数值说明，有机质丰度比较低，为腐植型、生油层品质不够好。然而，从热解数据来看，$T_{max}$范围为436～486℃，OEP值为1.15～1.43，对照我国生油层的$T_{max}$成熟范围为432°～460℃（腐植型母质）、OEP值为0.8～1.2，说明合深6井1273米及以下暗色泥岩已经达到了生油成熟阶段。而且合深6井位于大桥凹陷西部边缘，向东到凹陷中心部位，生油条件很可能变好。

**表3-3-31 大桥凹陷合深6井上白垩统响导铺组地球化学分析综合表**

| 采样深度 (m) | 氯仿沥青"A" (%) | 沥青族组分分析 | | | | 有机碳 (%) | 烃含量 (ppm) | 总烃 | 类型指数 | $T_{max}$ (℃) | OEP | 二价硫 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 饱和烃 (%) | 芳香烃 (%) | 非烃 (%) | 沥青质 (%) | | | 有机碳 (%) | $S_2/S_3$ | | | |
| 1273～1362 | $1.38\times10^{-1}$ | 1.93 | 2.71 | 94.67 | 0.69 | 0.344 | 64 | 1.86 | 0.377 | 436 | 1.39 | 采样深度：1274～1865 样品数：9 平均：0.779 最高：0.850 |
| 1375～1384 | $1.30\times10^{-1}$ | 1.64 | 2.35 | 95.58 | 0.43 | 0.268 | 51.8 | 1.93 | | | 1.43 | |
| 1387～1395 | $1.06\times10^{-1}$ | 5.44 | 3.56 | 84.08 | 6.92 | 0.284 | 95.4 | 3.36 | 0.279 | 436 | 1.15 | |
| 1453～1455 | $2.61\times10^{-2}$ | 5.63 | 3.90 | 88.74 | 1.73 | 0.398 | 24.9 | 0.63 | | | 1.36 | |
| 1556～1560 | $1.22\times10^{-1}$ | 5.25 | 3.25 | 89.89 | 1.61 | 0.421 | 103.7 | 2.46 | | | 1.20 | |
| 1861～1865 | $1.23\times10^{-1}$ | 4.30 | 2.47 | 90.76 | 2.47 | 0.158 | 83.3 | 5.27 | 0.35 | 486 | 1.15 | |

(3) 下白垩统朱巷组（$K_1z$） 本组主要分布于大桥凹陷，面积约3500平方公里，厚度1500～2500米，顶板埋深在凹陷中心部位约为1400～2000米。在大桥凹陷东部边缘之合浅8、合浅9井中，本组暗色泥岩累计厚度在600米以上，且比较集中发育于朱巷组之下段。泥岩单层厚度一般10～30米，最大单层厚度近70米，主要岩性为灰黑色深灰色泥岩、灰质泥岩、泥灰岩及灰色石灰岩、页岩。富含黄铁矿及植物碎片，有少量介形类及瓣鳃类化石，具水平波状层理和水平层理，为还原环境下的半深水～深水湖相沉积。

合浅8、9二井取样分析，有机碳含量为0.4～0.544%，最高为0.832%，氯仿沥青"A"含量为$2.6\times10^{-3}$～$1.7\times10^{-2}$%，族组分：芳香烃+饱和烃约27～59%，热解类型指数多数$S_2/S_3<2.5$，最高$T_{max}$为466～560℃，$R_o$为0.82～1.25%，见表3-3-32及表3-3-33。

美国加州联合石油公司从合浅8所采样品分析结果为：$T_{oc}$含量0.80～0.85%，$V_R$（相当于$R_o$）为1.13～1.57%。上述数据表明，朱巷组之暗色地层的生油母质为腐植型，部分

为混合型，有机质丰度不够高，热解峰温度偏高，已进入高成熟阶段。但从 $R_o$ 来看（0.82 ~1.57%），仍处于中等成熟阶段。

**表 3-3-32　大桥凹陷下白垩统朱巷组下段暗色泥岩族组分分析数据表**

| 井号 | 采样深度 (m) | 氯仿沥青"A" (%) | 沥青族组份分析 | | | | $R_o$，% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 饱和烃 (%) | 芳香烃 (%) | 非　烃 (%) | 沥青质 (%) | 无锡分析 | 美国加州分析 |
| 合浅8井 | 159.39~165.86 | $8.3\times10^{-3}$ | 30.39 | 28.43 | 9.18 | 31.4 | 0.82 | |
| | 280.49~283.39 | $6.5\times10^{-3}$ | 16.05 | 22.22 | 35.83 | 25.9 | 1.09<br>0.97 | 1.13 |
| | 381.82~386.81 | $3.3\times10^{-3}$ | 13.33 | 37.77 | 30.1 | 17.8 | 1.25 | 1.57 |
| 合浅9井 | 449 | $2.6\times10^{-3}$ | 19.83 | 11.63 | 38.78 | 29.76 | | |
| | 527 | $6.5\times10^{-3}$ | 29.68 | 22.65 | 38.30 | 9.37 | | |
| | 605 | $1.7\times10^{-2}$ | 19.37 | 20.72 | 31.54 | 28.37 | | |
| | 641 | $1.2\times10^{-2}$ | 15.50 | 11.76 | 51.89 | 20.85 | | |

**表 3-3-33　大桥凹陷合浅 8 井下白垩统朱巷组下段暗色泥质岩热解分析数据表**

| 采样深度 (m) | 岩　性 | $T_{max}$ (℃) | $S_2/S_3$ |
|---|---|---|---|
| 11 | 泥　岩 | 466 | 0.476 |
| 33 | 泥　岩 | 488 | 0.686 |
| 67 | 泥　岩 | 476 | 1.5 |
| 90 | 泥质灰岩 | 492 | 3.833 |
| 110 | 泥质灰岩 | 496 | 0.333 |
| 150 | 泥质灰岩 | 509 | 1 |
| 210 | 泥　岩 | 514 | 0.36 |
| 230 | 泥质灰岩 | 480 | 0.381 |
| 250 | 泥质灰岩 | 514 | 0.429 |
| 290 | 泥质灰岩 | 508 | 0.625 |
| 320 | 泥质灰岩 | 512 | 1.082 |
| 345 | 泥　岩 | 490 | 0.727 |
| 367 | 泥质灰岩 | 542 | 0.211 |
| 388 | 泥　岩 | 560 | 0.148 |
| 505 | 泥　岩 | 560 | 0.056 |

总之，朱巷组之暗色地层的生油条件比响导铺组要好一些，加之取样井处于凹陷边部，又正好位于郯庐断裂带附近，岩石受动力变质作用较强，分析数据难免失真。因此，在凹陷中心部位，朱巷组暗色地层厚度变大，生油条件变好是完全可能的。

(4) 下侏罗统防虎山组　该组以粗碎屑岩为主夹碳质页岩及煤线，属山麓洪积相夹沼泽相充填式沉积，推测在其沉积中心，暗色泥质岩可能较发育。

(5) 石炭—二叠系　见于定远凹陷的合深4井、钻厚213米，井下有儿处气测异常，具备煤成气形成条件，值得注意，详见本章第二节。

上述五组可能的生油岩中，以白垩系的两组比较重要。

*2.储集层*

合肥盆地内的中、新生界各组砂岩都比较发育。其中可作储集层的有：

(1) 朱巷组上段　以细～中粒砂岩为主，属河流、三角洲相沉积，在大桥凹陷的响导铺一带，砂岩一般单层厚2米。最大厚度6.5米，累计厚200米。孔隙度12～16%，渗透率小于$1\times10^{-3}$二次方微米。

(2) 响导铺组　以粉、细砂岩为主，砂岩单层厚一般为2～4米，最大单层厚度5～10米，累计厚约500米，其中下部砂岩渗透率平均$6.6\times10^{-3}$二次方微米。最高达$72.27\times10^{-3}$二次方微米；上部砂岩渗透率平均$65.2\times10^{-3}$二次方微米，最高$69.17\times10^{-3}$二次方微米；本组砂岩平均孔隙度13.64%，最大为19.55%，属中—低渗透储集层。

(3) 上白垩统张桥组　主要为粉、细砂岩，其次为中、粗砂岩，砂岩累计厚度300～600米，占该组厚度的86.5～94%。平均孔隙度16.9%，最高达25%，渗透率一般大于$50\times10^{-3}$二次方微米，最高达$200\times10^{-3}$二次方微米，个别可达$2\times10^{-3}$～$8\times10^{-3}$二次方微米，为中高级渗透储集层。

此外，在下第三系定远组及上侏罗统周公山组地层中，砂层也比较发育。

*3.生储盖组合*

中、新生界的生储盖组合大致有如下儿种类型：

(1) 从白垩系来看，下白垩统朱巷组下段的暗色泥岩，朱巷组上段与响导铺组下段下部的砂岩和响导铺组下段上部的暗色泥岩，在纵向上构成一个完整的生储盖组合，这个组合在大桥凹陷是广泛存在的。

(2) 在朱巷组、响导铺组、定远组的暗色泥岩段内，有一些砂岩夹层构成若干个小型的生储盖的组合。

(3) 朱巷组、响导铺组中的暗色泥岩段，由凹陷中心向边缘可能变为偏砂相，形成侧向的生储盖组合，在大桥凹陷东部的陡坡带，还可能发育一些水下扇体，也可能成为储集层。

**五、油气资源量预测**

合肥盆地在第三系和白垩系中，共发现三组可能的生油层，其中下第三系定远组中有一组，白垩系中有两组。定远组中的一组生油层见于定远凹陷及舒城凹陷，前者（定远凹陷）该组埋藏浅、成熟度低；后者（舒城凹陷），资料少，故均未进行油气资源量的计算。白垩系的两组生油层见于大桥凹陷，分析其有效生油岩分布面积为2100平方公里，测算总生油量为10.7亿吨，如分别按5%及10%的聚集系数计算，预测油气资源量为0.536～1.072亿吨。

**六、勘探方向**

综上所说，合肥盆地油气勘探领域是比较广阔的，是一个具有一定含油远景的中、新生代沉积盆地。第一：在我国东部，于燕山期因郯—庐断裂活动加剧，沿断裂带两侧，从东北

到华北、华东形成了一系列中、新生代断陷盆地，沉积了巨厚的中、新生代地层，而且目前已经在一些盆地中发现了油气田，如依兰伊通盆地、下辽河盆地、渤海盆地等，合肥盆地与这些盆地具有相似的大地构造背景，因此，其油气勘探前景也应是乐观的。第二：近年来，华北地台南部中生代地层的油气勘探工作有了新的突破。周口盆地中部的谭庄凹陷已发现了巨厚的中生界生油层，且试出了工业油流。将其白垩系生油指标与合肥盆地白垩系生油指标作一个比较，可以说明有些地质条件是近似的，具有较好的生油潜力和远景，见表3-3-34。

**表 3-3-34　合肥盆地与周口盆地白垩系生油指标对照表**

| 地区 | 分析数据＼项目 | 有机碳（%） | 氯仿沥青"A"（%） |
|---|---|---|---|
| 合肥盆地 | $K_1z$ | 0.403～0.544 | $2.6\times10^{-3}\sim1.7\times10^{-2}$ |
| | $K_2x$ | 0.15～0.42 | $2.61\times10^{-2}\sim1.38\times10^{-1}$ |
| 周口盆地 | 南 2 井 | 0.47 | $2.6\times10^{-2}$ |
| | 周参 12 井 | 1.15 | $1.7\times10^{-2}$ |
| | 周参 11 井 | 0.97 | $5.0\times10^{-3}$ |

因此，我们认为合肥盆地的油气勘探远景是不容置疑的，油气勘探的主要目的层是白垩系，其次为下第三系。目前油气评价较为有利的地区是沿郯庐断裂西侧之大桥凹陷和肥东—舒城凹陷的东段，也是当前油气勘探的重点地区。

## 第五节　南陵盆地[1]

南陵盆地位于长江南岸芜湖、南陵二县境内，盆地周围零星分布着三叠系及古生界和上白垩统，并有零星的岩浆岩侵入体。盆地内部被大面积第四系所覆盖。经浅井及地震工作证实，第四系以下广泛分布着下第三系及上白垩统，厚达数千米，为一中、新生代断陷盆地。盆地以白垩系为界，面积 2800 平方公里，以第三系为界，盆地面积近 2000 平方公里。

1955～1961 年间，地质部和石油部所属单位先后完成了 1∶20 万 1∶10 万比例尺的重力、航磁测量以及电法测量。安徽地质局区调队 1969 年进行了 1∶20 万区域地质测量。安徽石油勘探公司 1976 至 1982 年完成地震测线 850 公里，构成以 2×4 公里测网的面积普查，初步了解了该盆地的地质结构，地层层序。1988 年，该公司为了配合科学探井井位选定工作，又在重点区块洪庄一带进行了宽线施工的数字地震近 100 公里，收到较好的效果。

钻井工作方面，1959 年，安徽省石油队在皖南地区、钻 500 米浅井 3 口（湖 2、宣 4、南 1）。1973 年，安徽省地质局 322 地质队在南陵盆地以找盐为目的钻了 7 口深度千米左右的井（$ZK_1$—$ZK_7$），分层数据见表 3-3-35。

[1] 参加编写工作的有陈崇明、高一军等。——编者

## 表 3-3-35 南陵盆地钻井分层数据表

| 井号 / 分层数据 / 地层代号 | ZK$_1$ | | ZK$_2$ | | ZK$_3$ | | ZK$_4$ | | ZK$_5$ | | ZK$_6$ | | ZK$_7$ | | ZK$_4$ | | 南 1 | | 湖 2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 井深 (m) | 视厚 (m) | 井深 (m) | 视厚 (m) | 井深 (m) | 视厚 (m) | 井深 (m) | 视厚 (m) | 井深 (m) | 视厚 (m) | 井深 (m) | 视厚 (m) | 井深 (m) | 视厚 (m) | 井深 (m) | 视厚 (m) | 井深 (m) | 视厚 (m) | 井深 (m) | 视厚 (m) |
| Q | 13.36 | 13.36 | 17.00 | 17.00 | 80.00 | 80.00 | 90.82 | 90.82 | 27.20 | 27.20 | 81.00 | 81.00 | 105.54 | 105.54 | 76.00 | 76.00 | 22.00 | 22.00 | | |
| N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Es | 145.92 | 132.56 | 278.60 | 261.60 | 180.90 | 100.90 | 262.15 | 171.33 | 217.54 | 190.34 | 204.58 | 123.58 | 290.86 | 186.32 | 217.50 | 141.50 | 37.50 | 15.50 | | |
| Ed | 486.76 | 340.84 | 752.80 | 474.20 | 676.88 | 495.86 | 690.82 | 428.67 | 742.36 | 524.82 | 693.08 | 488.50 | 862.07 | 571.21 | 501.00 | 283.50 | 276.50 | 239.00 | 134.00 | 90.00 |
| Ef$_4$ | 526.95 | 40.19 | 829.41 | 76.54 | 793.70 | 116.82 | 1005.74 | 314.92 | 825.75 | 83.39 | 885.13 | 192.05 | 1013.01 | 150.94 | | | 323.00 | 46.50 | | |
| Ef$_3$ | 625.23 | 98.28 | 899.37 | 69.96 | | | 1050.25 | 44.51 | 857.99 | 32.24 | 934.58 | 49.45 | | | | | 382.50 | 59.50 | | |
| Ef$_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ef$_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $K_2x^{2-3}$ | 819.12 | 193.89 | | | | | | | | | | | | | | | 591.50 | 209.00 | | |
| $K_2x^1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $T_2$+3hn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $T_1b$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 230.50 | 90.50 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $K_2$ 250.50 | 20.00 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | $T_{1b}$ 271.27 | 20.77 |

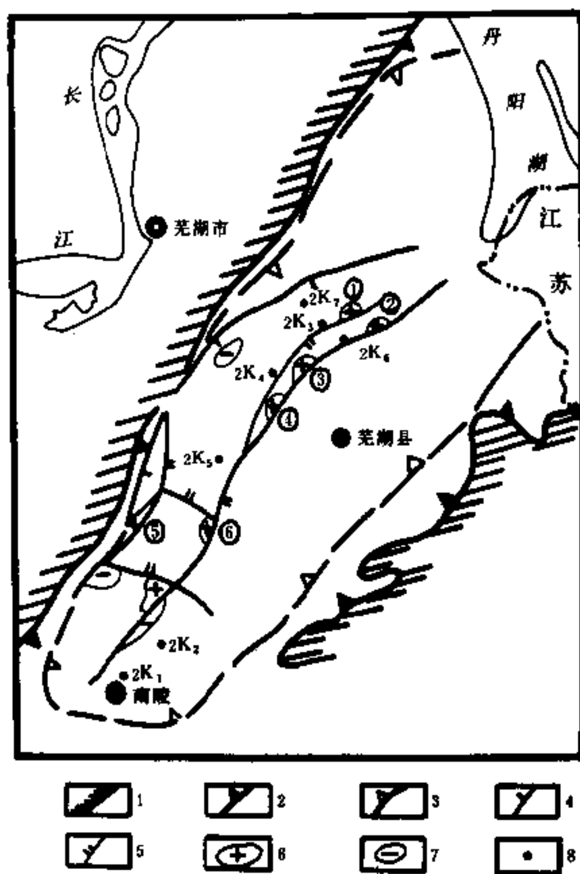



图 3-3-21 南陵盆地位置及勘探成果图

1—前白垩系分布区；2—白垩系分布边界；3—第三系分布边界；4—主断层；5—盆内主断层；6—地震正向构造；

1972 年至今，安徽石油勘探公司在该区进行石油地质研究。1985~1986 年完成了句容—南陵地区资源评价工作。认为该区是安徽有较大油气勘探远景的地区之一，见图 3-3-21 所示。

一、地层

根据区域资料分析，中、古生界海相地层仍深埋地下，尚未钻遇。下第三系经与天长对比，仅钻入阜宁组第二段，盆地缺失上第三系。

*1.*阜宁组

阜三段（$E_f^3$） 在盆地西南边缘的钻井中，岩性为浅灰、棕色等杂色含砾细—中砂岩，夹棕褐色砂质泥岩及砾岩，向东北方向，变为深棕色泥岩夹灰白色细砂岩，含少量石膏。本段揭露厚度 98 米。产介形类化石：湖北湖花介、达尔文介、美星介等。

阜四段（$E_f^4$） 青灰、深棕色泥岩、含膏泥岩互层，夹薄层粉、细砂岩及砂质泥岩，含黄铁矿、炭屑、石膏及芒硝。上部以含团块状、片状、

世时）沿北西侧的清水河断裂急剧下降所形成的箕状断陷盆地。早第三纪继承了晚白垩世构造格局，但湖盆大为萎缩，沉积了湖相碎屑及膏盐地层。盆地西北以清水河断裂为界，东南至九连山，西南至南陵县城，东北至苏皖省界，盆地呈北东向延伸，北东长 90 公里，西北宽 25 公里。

航磁资料反映，在盆地范围内磁场无明显的异常，一般在 0～100 伽马之间，说明基底平缓，构造较简单，岩浆活动微弱。但在盆地两侧则为明显的航磁正异常区，并有众多的局部正异常，构造复杂，火成岩发育。布格重力异常在盆地内有-10～-14 毫伽的宽缓圈闭等值线，反映出盆地的基本轮廓。盆地西北侧重力线密集，为清水河断裂的反映，该断裂控制了南陵盆地下第三系的沉积。盆地两侧为明显布伽重力正异常区。在重力二次导数平面图中，盆地中部沿北东方向有五个串珠状负异常圈闭，在负异常的东南侧有五个正异常圈闭也呈串珠状排列，形成一重力高值带，推测这一高带为基岩的隆起或中、古生界石灰岩形成的潜山带。

从电法资料也可看出清水河断裂及盆地二者的关系，电法高阻层顶面深度资料反映其基岩（可能为三叠系顶面）埋深在南陵附近为 1500～1700 米，向东北加深至 2000 米以上。

根据地震资料，证实南陵盆地为一北西陡南东缓、北西厚南东薄的箕状断陷盆地，见图 3-3-22。盆地轴向北东，岩层绝大部分为向北西倾的单斜层，下第三系地层倾角一般 10°～20°，上白垩统地层倾角一般 25°～30°。纵贯盆地中部有一条与清水河断裂平行的陆郎桥断裂，沿该断裂及其两侧为一构造高带，由于次一级断裂的发育，沿此高带形成许多断层圈闭及局部构造（表 3-3-36 并参见图 3-3-21）。

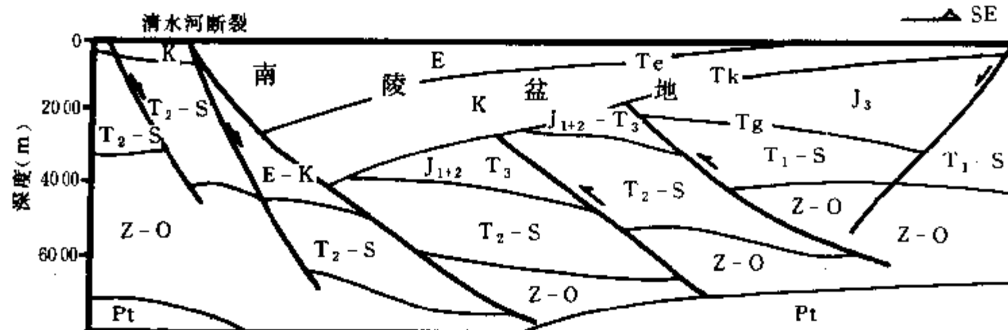



图 3-3-22　南陵盆地地震南 1 测线地质解释剖面图

## 三、石油地质条件

*1.第三系*

南陵盆地形成于晚白垩世，结束于晚第三纪。早第三纪沉积了 3000 米左右的碎屑岩，其中暗色泥岩厚 400 米以上，并富含有机质。在靠近深凹的两口浅井（$ZK_6$、$ZK_7$），戴南组及阜四段生油岩分析数据如表 3-3-37。

分析资料表明，戴南组的有机碳含量平均为 0.46～0.56%，最高可达 0.99%；发光沥青含量平均 0.002～0.01%，最高可达 0.05%，可以达到一般生油岩的指标。阜四段有机碳平均含量 0.26～0.52%，最高可达 1.82%；发光沥青含量平均 0.005～0.04%，最高可达 0.07%。在 $ZK_6$ 井阜四段下部，于井深 862 米处，在岩芯中见有沥青脉，说明阜四段有过

成油的过程。在戴南组和阜宁组地层中，都夹有一定数量的砂岩和粉砂岩，可以作储集层，其储油物性参见表 3–3–37。

表 3–3–36 南陵盆地地震局部构造简表

| 构造名称 | TE′高点深度（m） | 闭合幅度（m） | 最低闭合等值线（m） | 闭合面积（$km^2$） | 所通过的地震测线 | 可靠性 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 马屋基 | 1120 | 380 | 1500 | 5.98 | N19605 N500 | 可靠 |
| 丁家村 | 1030 | 170 | 1200 | 6.25 | N19605 N500 N22 | 可靠 |
| 汤老村 | 990 | 310 | 1300 | 3.48 | N10530 N20 | 不可靠 |
| 洪　庄 | 1090 | 210 | 1300 | 1.75 | N480 N20 | 不可靠 |
| 强叶村 | 950 | 50 | 1000 | 1.12 | N18 N360 | 不可靠 |
| 花园嘴 | 900 | 100 | 1000 | 2.20 | N320 N380 N20 | 较可靠 |
| 窑头村 | 970 | 130 | 1100 | 3.80 | N260 N280 | 较可靠 |

表 3–3–37 南陵盆地下第三系生、储油岩地球化学及物性分析数据表

| 地层 | 分析项目 | $ZK_6$井 | | | | $ZK_7$井 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 样品数（个） | 最小值 | 最大值 | 平均值 | 样品数（个） | 最小值 | 最大值 | 平均值 |
| 戴南组（Ed） | 有机碳% | 14 | 0.26 | 0.99 | 0.56 | 25 | 0.05 | 0.885 | 0.46 |
| | 发光沥青% | 15 | $8.2406\times10^{-4}$ | $5.25\times10^{-2}$ | $1.158\times10^{-2}$ | 25 | $0.91\times10^{-5}$ | $7.5\times10^{-3}$ | $2.519\times10^{-3}$ |
| | 二价铁／三价铁 | 15 | 0.39 | 9.56 | 3.13 | 15 | 0.18 | 7.42 | 2.91 |
| | 还原硫% | 15 | 0.05 | 1.13 | 0.50 | 25 | 0.02 | 2.001 | 0.550 |
| | 孔隙度% | 7 | 12.76 | 21.60 | 11.24 | 3 | 5.01 | 16.9 | 12.21 |
| | 渗透率 $\times10^{-3}\mu m^2$ | 7 | 0.098 | 153.56 | 23.03 | 3 | 0.2089 | 0.4982 | 0.3138 |
| 阜四段（$Ef^4$） | 有机碳% | 12 | 0.08 | 1.82 | 0.52 | 8 | 0.091 | 0.45 | 0.268 |
| | 发光沥青% | 12 | $1.3125\times10^{-2}$ | $7\times10^{-2}$ | $3.8464\times10^{-2}$ | 8 | $3.844\times10^{-4}$ | $1\times10^{-2}$ | $5.01\times10^{-3}$ |
| | 二价铁／三价铁 | 12 | 2.86 | 48 | 12.11 | 8 | 0.36 | 7.13 | 2.66 |
| | 还原硫% | 12 | 0.19 | 1.99 | 1 | 8 | 0.025 | 0.687 | 0.38 |

2.中、古生界

根据盆地周边及邻区资料，对于该区中、古生界石油地质条件分析如下：

(1) 生油层　震旦系—中三叠统，具有生油（气）条件的主要层系有：上震旦统灯影组、寒武系、下奥陶统及上奥陶统五峰组、下志留统高家边组、上石炭统（黄龙组和船山组）、二叠系和下三叠统。

1) 上震旦统灯影组　为富藻白云岩夹硅质岩，厚500至大于850米，生油母质较好。

2) 寒武系　下统为灰黑—深灰色白云质灰岩、白云岩和黑色炭质、硅质页岩及石煤层，最大厚度为245米；中上统主要为浅色的白云岩、白云质灰岩，局部夹泥质灰岩和粉砂岩，最大厚度为459至大于479米。本系有机碳含量0.22～2.8%。

3) 奥陶系　下统主要为浅灰—深灰色浅海相碳酸盐岩，最大厚度358米。于泾县北贡许村$ZK_6$井井深25～29米红花园组中钻遇沥青，其厚0.8～1米，经对氯仿沥青"A"族组分分析，饱和烃5.89%，芳香烃32.93%。又于绩溪县洪塘谭家桥组（$O_1t$）见煤化沥青矿，矿体受北北东及北东向断裂控制。煤化沥青相对密度小，炭化度高，镜下见有大量气孔构造，说明该矿在形成过程中伴有大量的天然气逸出。说明该层系有过油气生成过程。

上统五峰组（$O_3w$）主要为灰、灰黑色硅质页岩，有机碳含量0.08～2.14%，二价硫1.88～0.02%，属还原环境，有生油（气）条件，但一般厚度较小。

4) 下志留统高家边组　该组以页岩、泥岩为主夹粉、细砂岩，底部为黑色页岩，最大厚度1510米。太平县西山河沥溪组（$S_1h$）发现七条煤化沥青脉，正按煤炭矿产进行开采，已探明地质储量20.16万吨。煤化沥青松软污手，局部见气孔状构造，镜下鉴定为砂状、糜棱状和块状结构，80%以上为凝胶物质，具均质特征，未见木质形态分子，甲烷含量0.3～1%，局部达10%，五氧化二钒含量为0.2～0.6%。

5) 上石炭统（黄龙组和船山组）　该统为海相碳酸盐沉积，分布广泛，岩性较稳定，厚度一般60～150米，有机碳含量0.10～0.16%，具有一定生油能力。

6) 二叠系　栖霞组以浅海陆棚相暗色碳酸盐岩为主，厚90～300米，有机碳含量0.23～0.36%，最高可达1.96%，于广德县新杭石灰窑附近和长兴县煤山地区，在石灰岩的晶洞及裂隙中见原油，是该区有利的生油层系。

孤峰组主要为富含硅质的碎屑沉积，厚6～300米，该组有机碳含量为0.55～1.71%，是较有利的生油层系。

龙潭组为海陆过渡相含煤碎屑沉积，厚度自西向东加大，其变化在2～564米，有机质丰度较高，有机碳含量0.67～1.43%，具有一定的生油（气）能力。

大隆组／长兴组：为含硅质碎屑沉积及碳酸盐沉积，厚度一般20～40米，该组有机碳含量高达1.02～2.01%，于宣城县周王村石灰岩晶洞、裂隙中见棕黄绿色原油。

7) 下三叠统　下三叠统分下青龙组（殷坑组及和龙山组）和上青龙组，以浅海陆棚—盆地相碳酸盐岩为主，夹泥质岩。下青龙组一般100～300米，有机碳含量，泥质岩为0.57～0.62%，石灰岩为0.14%；上青龙组一般厚200～400米，无为最厚可达600米以上，该组有机碳含量，泥质岩0.44%，石灰岩0.12～0.14%。从下三叠统暗色层的有机质丰度看，均已达到生油层标准，从含油显示看，颇为普遍，如巢县马家山采石场在石灰岩的裂隙和晶洞中普遍见原油，在井下，宣城水东午山岗49号采煤井和宁国港口灰山37号井的深灰—灰黑灰岩中也见裂隙含油。更引人注目的是邻区句容地区的容2、容3井累计采油111.6立方米，句12井获得原油2.7吨。所有这些都充分说明了该层系是该区重要的生油层系。

| 系 | 统 | 组 | | 厚度（m） | 岩性柱状图 | 油气显示 | 主要岩性 | 生油层 | 储集层 | 盖层 | 组合 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 三叠系 | 中统 | 东马鞍山组 | 周冲村组 | >53 ~600 | | | 上部盐溶及砾状灰岩，石膏层下部白云岩、云质灰岩 | | | | |
| | 下统 | 南陵湖组 | 上青龙组 | 160 ~645 | | | 石灰岩夹瘤状泥灰岩 | | | | Ⅳ |
| | | 和龙山组 | 下青龙组 | 20~290 | | | 上部石灰岩夹页岩、下部页岩夹石灰岩 | | | | |
| | | 殷坑组 | | 40~290 | | | | | | | |
| 二叠系 | 上统 | 大隆组 | 长兴组 | 20~80 | | | 页岩、硅质页岩 / 石灰岩夹硅质页岩 | | | | |
| | | 龙潭组 | | 2~564 | | | 砂岩、页岩夹煤层、石灰岩 | | | | |
| | 下统 | 孤峰组 | | 6~300 | | | 硅质页岩、页岩与硅质岩 | | | | Ⅲ |
| | | 栖霞组 | | 90~300 | | | 石灰岩、沥青质灰岩夹硅质层 | | | | |
| 石炭系 | 上统 | 船山组 | | 10~60 | | | 石灰岩 | | | | |
| | | 黄龙组 | | 40~134 | | | 石灰岩、粗晶灰岩、白云岩 | | | | |
| | 下统 | 和州组 | | 35~18 | | | 石灰岩、泥灰岩 | | | | |
| | | 高骊山组 | | 10~97 | | | 砂岩、页岩夹泥灰岩 | | | | |
| | | 金陵组 | | 5~28 | | | 北区石灰岩、南区砂岩页岩 | | | | |
| 泥盆系 | 上统 | 五通组 | | 77~300 | | | 石英砂岩、含砾石英砂岩 | | | | |
| 志留系 | 上统 | 茅山群 | | 1608 | | | 细砂岩夹粉砂岩及泥岩 | | | | Ⅱ |
| | 中统 | 坟头组 | | 830 | | | 细、粉砂岩与砂质泥岩 | | | | |
| | 下统 | 高家边组 | | 1510 | | | 页岩、泥岩夹粉、细砂岩 | | | | |
| 奥陶系 | 上统 | 五峰组 | | 7 | | | 硅质页岩 | | | | |
| | | 汤头组 | | 25 | | | 瘤状泥灰岩与页岩 | | | | |
| | 中统 | 宝塔组 | | 10 | | | 龟裂纹灰岩、泥灰岩 | | | | |
| | | 大田坝组 | | 3 | | | 含泥灰岩 | | | | |
| | 下统 | 牯牛潭组 | | 24 | | | 石灰岩 | | | | |
| | | 大湾组 | | 40 | | | 石灰岩及页岩 | | | | |
| | | 红花园组 | | >261 | | | 石灰岩 | | | | Ⅰ |
| | | 仑山组 | | 133 | | | 上部灰质云岩、下部石灰岩 | | | | |
| 寒武系 | 上统 | 观音台组 | | 365 | | | 白云岩 | | | | |
| | 中统 | 炮台山组 | | 94 | | | 云质灰岩、白云岩夹泥灰岩 | | | | |
| | 下统 | 幕府山组 | | 245 | | | 白云岩、石灰岩夹泥灰岩、下部炭质、硅质页岩夹石煤层 | | | | |
| 震旦系 | 上统 | 灯影组 | | >850 | | | 白云岩、硅质白云岩、顶夹硅质层 | | | | |



图 3-3-23　苏皖南部中、古生界生储盖组合图（据苏良友等）

1—油流；2—油显示；3—气显示；4—裂隙油；5—沥青

(2) 储集层　该区储集层类型较多，碳酸盐岩中的粒间孔隙、晶间孔隙、裂隙、孔洞；砂屑岩中的孔隙和裂隙，都可视为储集空间。高能环境下形成的生物礁滩石灰岩、针孔白云岩都是有利的储集层。根据该区各时代岩相古地理的研究认为奥陶纪在石台一泾县有一生物灰岩发育区；晚石炭世在铜陵、泾县金村等地浅滩相沉积中生物碎屑灰岩鲕粒灰岩发育，约占总厚度的 50～70%。二叠纪栖霞期在广德、泾县、铜陵、宿松等地发育的生物滩，龙潭期在溧阳、宜城一带的河口沙坝沉积以及二叠纪时在广德、泾县、贵池一带发育的台地前缘浅滩上的鲕粒灰岩均为有利储集相带。

(3) 生储盖组合　南陵盆地及邻区的震旦系至三叠系，主要为碳酸盐沉积，厚度近万米。结合苏皖南部邻区资料，可能有多套生储盖组合（图 3-3-23）。其中中三叠统东马鞍山组有较厚的石膏层可作为盖层，因而具有较好的保存条件，见图 3-3-24。

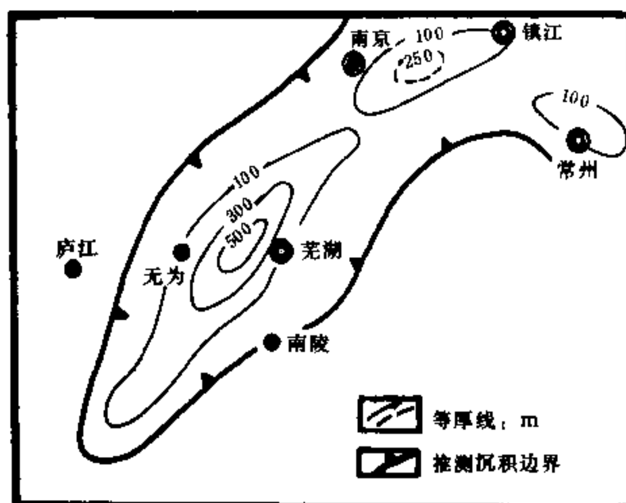


图 3-3-24　下扬子区中三叠系统东马鞍山组石膏层等厚图

## 四、生油量计算

该区古生界至中、下三叠统是以海相碳酸盐岩为主，因此，对生油量的计算，采用了我国西南地区统一确定的方法即恢复氯仿沥青“A”法。

*1.计算公式*

$$Q_{总生}=Q_{残余}+Q_{排出}$$

$$Q_{残余}=S\cdot H\cdot \gamma\cdot \text{“A”}$$

$$Q_{排出}=S\cdot H\cdot \gamma\cdot \text{“A”}\left(\frac{K_A}{1-K}-1\right)$$

式中　$Q_{总生}$——有效生油岩已生成石油的总量，亿吨；

$Q_{残余}$——生油岩中残余生油量，亿吨；

$Q_{排出}$——生油排出油量，亿吨；

$S$——有效生油岩面积，平方公里；

$H$——有效生油岩厚度，米；

$\gamma$——生油岩密度，亿吨／立方公里；

“A”——氯仿沥青“A”含量，%；

$K$——排出系数，%；

$K_A$——不同演化阶段氯仿沥青“A”恢复系数。

*2.参数确定*

(1) 有效生油岩面积　即生油岩的保存面积（扣除了火成岩、断裂带和剥蚀区的面积）。

(2) 有效生油岩厚度　采用句容地区钻井剖面中暗色岩层厚度。

(3) 生油岩密度　主要采用原华东石油勘探局实测值，少数用类比确定。

(4) 氯仿沥青“A”含量　采用句容地区井下样品分析资料的算术平均值。

(5) 排出系数 K　本区考虑到泥质岩较碳酸盐岩更容易吸附烃类，故该区排出系数，碳酸盐岩取 0.20，泥质岩取 0.15，煤系泥岩取 0.10。

(6) 氯仿沥青“A”恢复系数 $K_A$　四川盆地有两个方案，第一方案是西南地区统一约定值，偏低；第二方案是现用值。为了稳妥起见，本文暂取前一方案即低值方案（表 3-3-38）。

**表 3-3-38　氯仿沥青“A”恢复系数（$K_A$）不同方案取值对比表**

| 成熟阶段 | 成熟期 | | | 过成熟期 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | $II_{1-1}$ | $II_{1-2}$ | $II_2$ | $III_1$ | $III_2$ | $III_3$ |
| $R_o$（%） | 0.65 | 1.35 | 2～2.2 | 2.5 | 3 | |
| 第一方案（低值）$K_A$ | 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 第二方案（现用值）$K_A$ | 1 | 2 | 10 | 13 | 15 | 16 |

*3.计算结果*

由于南陵盆地深井钻探尚未开展，难以说明深部情况，因之有些部分引用了邻区江苏句容地区参数进行计算，考虑到一个地层在各构造单元生油条件有一定的差异，将潜山带和斜坡带以及凹陷带分开计算。计算结果表明，全盆地共计生油量为 41 亿多吨。生天然气量为 3 万多亿立方米，如表 3-3-39。

**表 3-3-39　南陵盆地不同构造单元生油气量数据表**

| 项目 | | 南陵盆地 | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | | 奎湖断凹 | 金阁镇潜山带 | 湾址斜坡 | 合计 |
| 保存面积（$km^2$） | | 1400 | 500 | 975 | 2875 |
| 原始 | 生油量（$10^8$t） | 22.1 | 6.5 | 12.7 | 41.3 |
| | 生气量（$10^8m^3$） | 22450 | 3530 | 6870 | 32850 |
| 残余 | 生油量（$10^3$t） | 9.1 | 3.8 | 7.4 | 20.3 |
| | 生气量（$10^8m^3$） | 6140 | 980 | 1910 | 9030 |
| 排出 | 生油量（$10^8$t） | 13.0 | 2.7 | 5.3 | 21.0 |
| | 生气量（$10^8m^3$） | 16320 | 2550 | 4960 | 23830 |

如果将皖南全区统一考虑将有更多的生油（气）量，皖南全区的生油（气）量计算结果如表 3-3-40。

表 3-3-40　皖南地区古生界及三叠系生油气量数据表

| 区块名称 | 生油量（$10^8$t） | 生气量（$10^8$m$^3$） |
|---|---|---|
| 无为、望江盆地 | 54 | 115070 |
| 巢县怀宁推覆带 | 49 | 97180 |
| 宁芜断褶带 | 25 | 46930 |
| 青阳复式向斜 | 24 | 46220 |
| 宣广盆地 | 14 | 43040 |
| 南陵盆地 | 41 | 32850 |
| 合　计 | 207 | 381290 |

## 五、含油气评价

原始生油量到聚集成为地质储量，是一个复杂的历史过程，难以有个统一适用的计算公式。根据本区实际情况，采用聚集系数法。

计算公式为：

$$Q_{聚}=Q_{生}\times 生油层保存系数\times a$$

式中　$Q_{聚}$——油气聚集量；

$Q_{生}$——原始生油量；（生油层保存系数为生油岩分布面积／该生油岩地层分布面积）

a——聚集系数。

此法的关键是 a 的选择，国外多半是根据已经开发地区的经验数据，聚油系数为 0.01～0.48，聚气系数为 0.001～0.01。本区选用聚油系数 0.02、0.05；聚气系数 0.001、0.005，保存系数按 0.85 计算出南陵盆地油气资源量，如表 3-3-41。

表 3-3-41　南陵盆地不同构造单元油气资源预测表

| 资源量 / 项目 | 南陵地区 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 奎湖断凹 | | 金阁镇潜山带 | | 湾址斜坡 | | 合　计 | |
| | 油（$10^8$t） | 气($10^8$m$^3$) | 油（$10^8$t） | 气($10^8$m$^3$) | 油（$10^8$t） | 气($10^8$m$^3$) | 油（$10^8$t） | 气($10^8$m$^3$) |
| 原始生油、气量 | 22.1 | 22450 | 6.5 | 3530 | 12.7 | 6870 | 41.3 | 32850 |
| $a_{油}=0.02$ | 0.38 | | 0.11 | | 0.22 | | 0.71 | |
| $a_{气}=0.001$ | | 19.08 | | 3.00 | | 5.84 | | 27.92 |
| $a_{油}=0.05$ | 0.94 | | 0.28 | | 0.54 | | 1.76 | |
| $a_{气}=0.005$ | | 95.43 | | 14.99 | | 29.21 | | 139.63 |

## 第六节 无为盆地

无为盆地位于长江北岸无为、和县一带，地面大部分被第四系掩盖，面积2500平方公里。地质工作主要有安徽区调队所作的1／20万区域地质测量。50年代，地质部、石油工业部进行过航磁、重力及电测深工作。1982～1983年，安徽石油勘探公司进行了4条测线共72公里的地震概查，但剖面品质较差。钻井工作始于50年代后期，安徽石油队钻了无1井；安徽石油勘探公司钻了无浅2井；1983年地质矿产部华东石油地质局在无为盆地西南端石罗山凸起上钻了一口井号为N参4的深井，取得了深部地层的资料。盆地位置及勘探情况见图3-3-25。

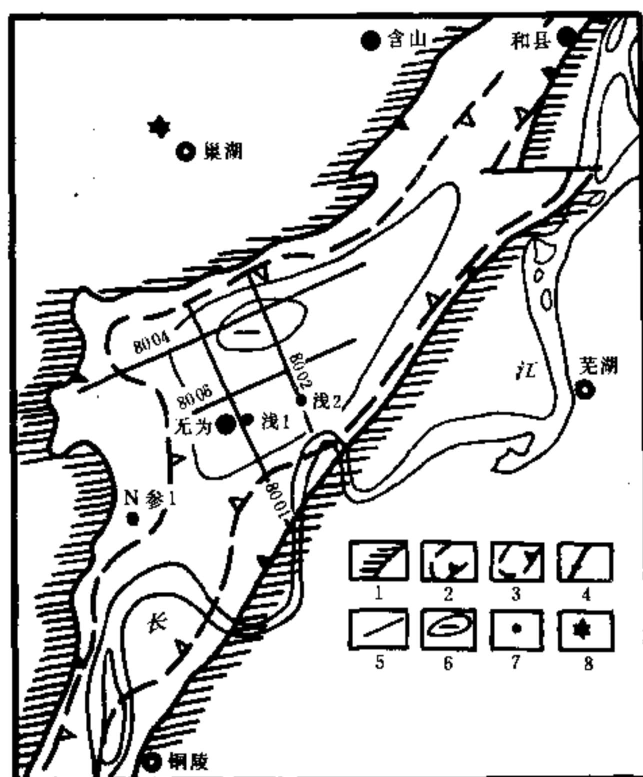



图3-3-25 无为盆地位置及勘探形势图

1—前白垩系分布区；2—白垩系边界；3—第三系边界；4—断裂；5—地震测线；6—重力负异常区；7—井位；8—地面油苗

### 一、地层

据无浅2井资料，将中、新生代地层简述如下。

*1.白垩系上统赤山组（$K_2c$）*

视厚度227.8米，棕红色棕褐色泥质粉砂岩、砂岩及泥岩。

*2.第三系*

（1）古新统阜宁组（$E_1f$） 视厚度277米，下部为棕褐色泥质粉砂岩与泥岩互层，夹黄色粉、细砂岩；上部为浅绿灰色泥岩、泥灰岩，偶见角砾状灰岩，泥灰岩中含介形虫、瓣

鳃类化石。

(2) 始新统戴南组（$E_2d$）　视厚 261.5 米，下部为浅褐色泥岩、砂质泥岩，含平卷螺化石；上部为褐色粉砂质泥岩、粉细砂岩、中粒砂岩，含螺化石。

*3.第四系*

视厚度 124 米，浅灰黄色粘土。

另据安徽地质局 322 队曾在无为汤沟、雍家镇一带检查磁异常进行过密集钻井，钻遇中三叠统东马鞍山组石膏层，视厚度近 700 米，并见有闪长玢岩。地质矿产部华东石油地质局所钻的 N 参 4 井，完钻井深 3200 米，自志留系至三叠系层位均较齐全，未见侏罗系和白垩系下统及下第三系，整个地层厚度较邻区略薄，岩性无大差异，由此可见古生界是齐全的，侏罗系、下白垩统、下第三系的缺失，与所处构造部位较高有关。

## 二、构造

据重力、航磁资料反映，在黄洛一带有一-22 毫伽的负异常，与盆地范围一致。航磁及钻井资料证实航磁正异常是断裂和岩浆岩的反映，它们主要分布在盆地边缘，尤以长江沿岸最为突出。

从地震所提供的资料来看（图 3-3-26），盆地轮廓是清楚的，但盆地的构造细节尚需进一步工作。

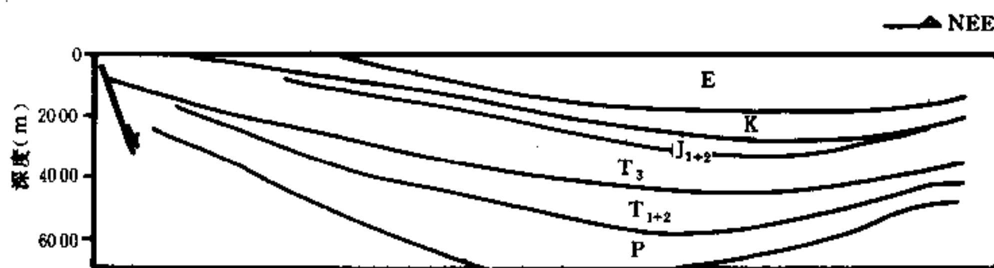



图 3-3-26　无为盆地地震 W8004 测线地质解释剖面图

## 三、油气显示

盆地内钻井未见直接的油气显示。在盆地西北侧巢湖市马家山附近采石场，见三叠系石灰岩裂隙中有少量液体原油渗出，是应予以重视的现象。鉴于古生界仍在盆地地腹，因而在盆地边缘巢湖露头区系统采集了古生界岩样进行热解分析，其成果见图 3-3-27 及图 3-3-28。

从图上看来，尽管是地表采样，也说明有一定的生成油气的能力，其中寒武系、栖霞组、大隆组、扁担山组都有较好的生油潜力。

N 参 4 井分析资料认为有机质丰度是高的。据镜质体反射率（$R_o$）一般大于 2%，该井附近的煤阶已达贫煤和无烟煤，认为已属于高成熟、过成熟阶段，但该井距上侏罗统火山岩活动区较近，成熟度较高只是一个方面，不足以说明整个盆地。如果考虑保存条件，无为盆地有比南陵盆地更厚的三叠系石膏层。此外，在盆地的深洼部位，尚有很厚的中、新生代陆相沉积，也是值得重视的勘探对象。因此无为盆地应该进一步开展油气普查勘探工作。

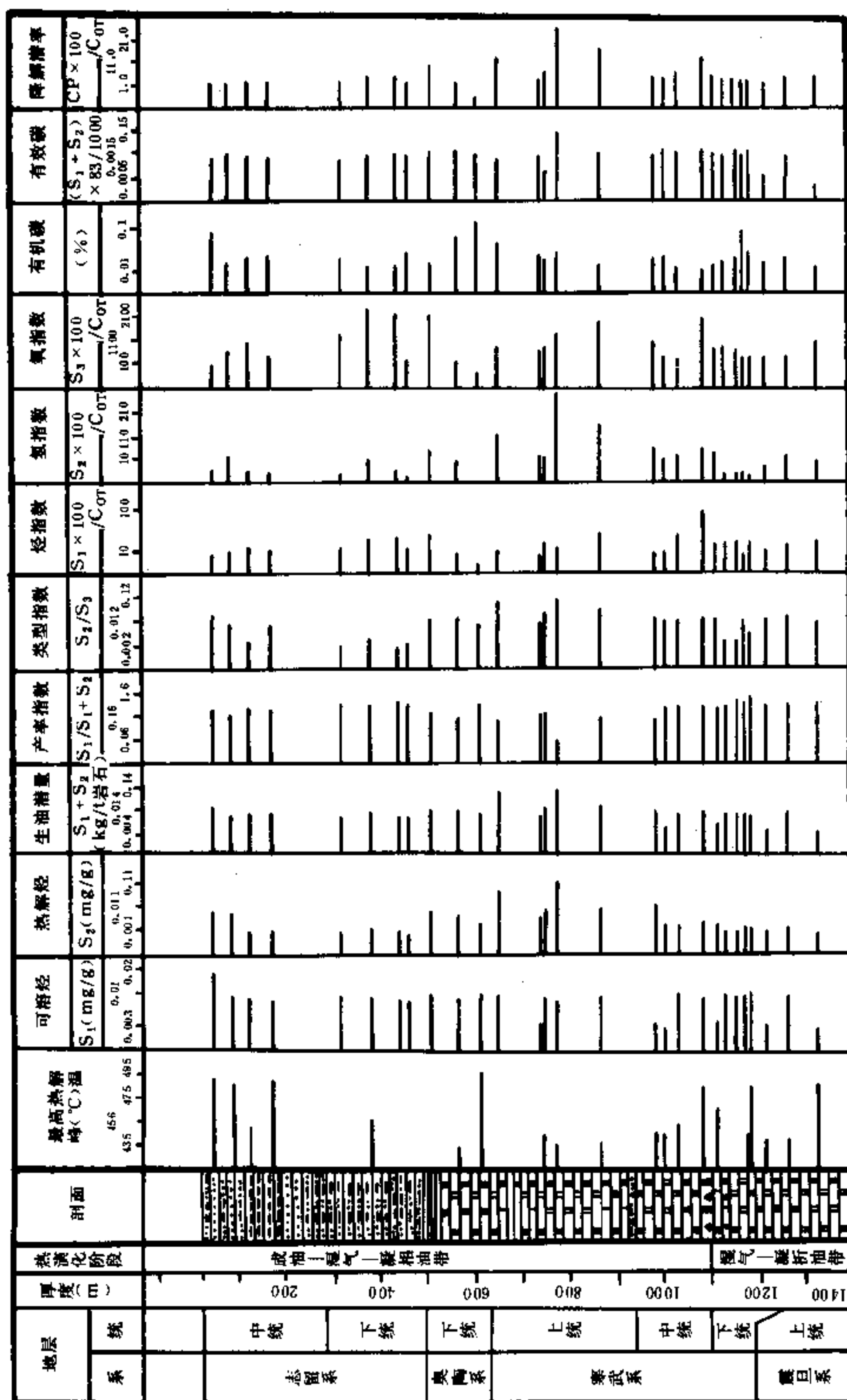



图 3-3-27 巢湖地区震旦系—志留系热解色谱综合图

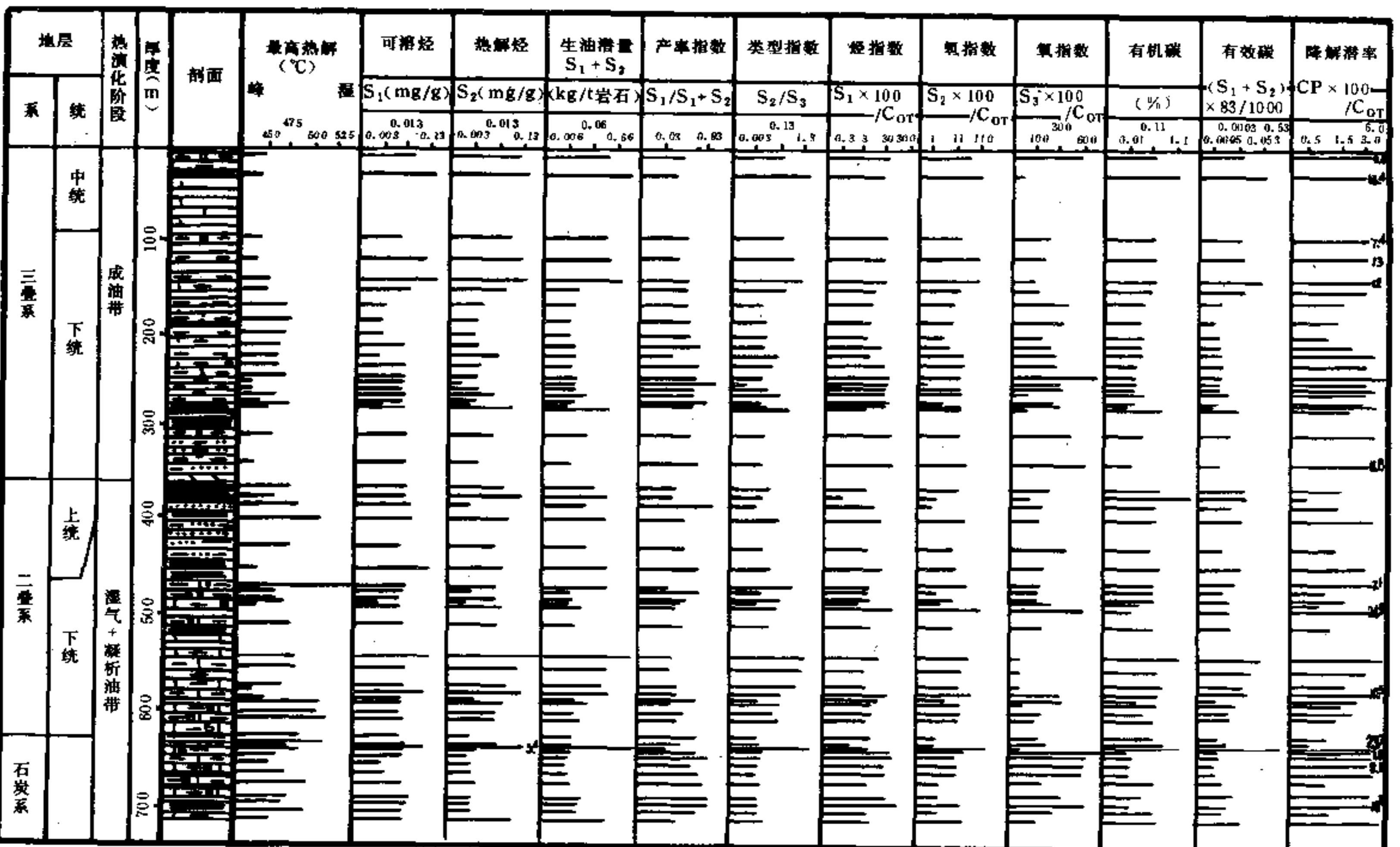



图 3-3-28　巢湖地区石炭系—三叠系热解色谱综合图

## 第七节 黄口盆地

黄口盆地地处苏、鲁、豫、皖四省交界处，为一中、新生代断陷盆地，面积约3000余平方公里，其中位于安徽省境内约1100平方公里，地面几乎全被第四系覆盖，见图3-3-29。

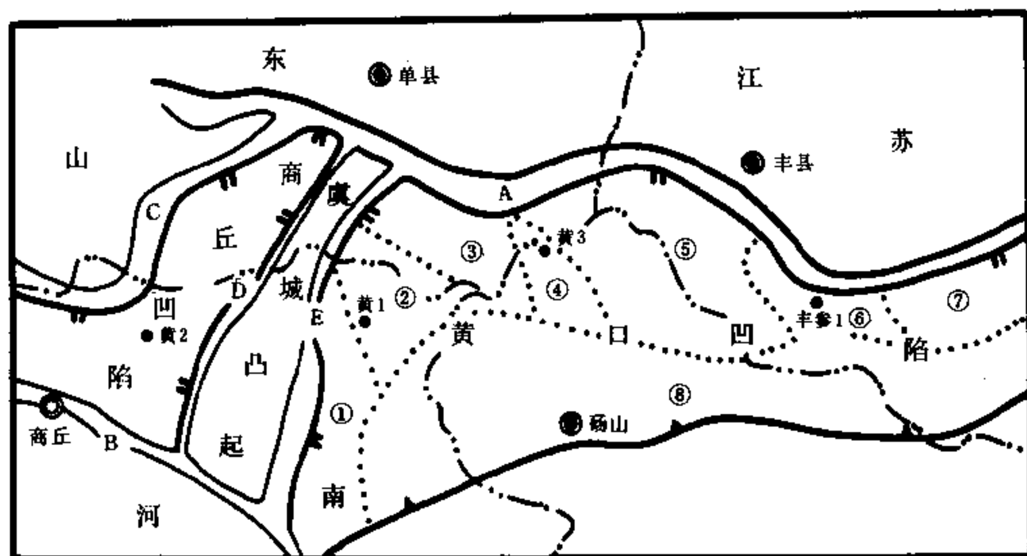



图3-3-29 黄口盆地地理位置及构造区划图

①—刘集次凹；②—张集次凸；③—杨楼次凹；④—姜马庄次凸；⑤—后黄楼次凹；⑥—李寨次凸；⑦—敬安次凹；⑧—南部斜坡；A—丰沛断层；B—商丘断层；C—青堌集断层；D—八里堂断层；E—于贤集断层

1978年，地质矿产部第四物探大队，在本区进行了十万分之一重力测量及地震普查，完成地震测线1928公里。地质部第五石油普查大队完成深井3口（黄1、2、3井，其中河南省境内2口，山东省境内1口），进尺9157米。1983年石油工业部江苏石油勘探局在盆地东部江苏省境内进行了地震普查，并在李寨次凸上钻参数井1口（丰参1井），完钻井深3945.63米，终孔层位为奥陶系，安徽石油勘探公司地质研究所承担了丰参1井单井评价的任务。通过上述工作，初步查明了黄口盆地的性质，证实盆地内有古、中、新三套可能的生油（气）层系，再结合本区黄1井下第三系汶口组下部钻遇油浸砂岩，北部邻区鱼台凹陷在侏罗、白垩系中见沥青和原油，这一切展示了黄口盆地有较好的找油气远景。

### 一、地层

盆地内已钻的四口深井，经初步划分和对比，所钻遇的地层层位见表3-3-42。

其中黄1、2井均未钻穿下第三系，黄3井仅钻至下白垩统顶部，丰参1井钻穿了中、新生界及上古生界煤系至下古生界奥陶系终孔，所揭示的地层最全，见表3-3-43。

### 二、构造

黄口盆地是中、新生代沉积盆地，其性质是在印支运动末期近东西向区域性断裂的基础上，经燕山期运动的改造，在早第三纪时沿丰沛断裂形成的箕状断陷盆地。航磁ΔT异常值从南向北由+600伽马平缓地变为−800伽马，表明结晶基底的北倾。布伽重力密集带与丰沛

表 3-3-42　黄口盆地分层数据简表

| 层位 | | 黄1井(m) | 黄2井(m) | 黄3井(m) | 丰参1井(m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 界 | 系 | | | | |
| 新生界 | 第四系 | 0～132.5 | 0～178.0 | 0～87 | 0～114.5 |
| | 上第三系 | 890.5 | 1162.0 | 613 | 303.0 |
| | 下第三系 | 2745.37 | 3208.0 | 2671.5 | 1061.0 |
| 中生界 | 白垩系 | | | 3203.56 | 2131.0 |
| | 侏罗系 | | | | 2466.5 |
| 古生界 | 二叠系 | | | | 3625.5 |
| | 石炭系 | | | | 3777.0 |
| | 奥陶系 | | | | 3945.63 |

表 3-3-43　黄口盆地丰参1井地层系统表

| 地层系统 | | | | 井深(m) | 视厚(m) | 主要岩性 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 界 | 系 | 统 | 组 | | | |
| 新生界 | 第四系 | 全—更新统 | 平原组 | 0～114.5 | 114.5 | 上黄色粘土、砂质粘土、泥质粉砂互层 |
| | 上第三系 | 中—上新统 | 明化镇组 | 208.0 | 93.5 | 上部棕黄色泥岩，下部棕黄色含砾砂岩、砂砾岩、细砂岩 |
| | | | 馆陶组 | 303.0 | 95.0 | 棕黄色、灰绿色泥岩夹砂岩、细砾岩 |
| | 下第三系 | 渐新统 | 宋庄组 | 683.0 | 380.0 | 浅棕色泥岩、砂岩、砂砾岩，顶部为灰色含膏泥岩 |
| | | 始新统 | 汶口组 | 1061.0 | 378.0 | 棕色泥岩、粉砂质泥岩夹粉砂岩，底部为含砾砂岩 |
| 中生界 | 白垩系 | 下统 | 青山组 | 1280.0 | 219.0 | 上部玄武岩、石英安山岩。<br>下部紫灰色泥岩、砂岩、含砾砂岩 |
| | | | 丰县组 | 2131.0 | 851.0 | 上段灰、深灰色泥岩夹粉砂岩<br>下段灰、紫色泥岩与粉细砂岩互层 |
| | 侏罗系 | 中上统 | | 2466.5 | 335.5 | 紫色泥岩、砂质泥岩夹粉、细砂岩 |
| 古生界 | 二叠系 | 上统 | 石千峰组 | 2857.5 | 391.0 | 紫色泥岩、砂质泥岩夹砂岩、粉砂岩 |
| | | | 上石盒子组 | 3430.5 | 573.0 | 深灰色、紫色泥岩、砂质泥岩与浅灰色砂岩、含砾砂岩互层夹少量煤线 |
| | | 下统 | 下石盒子组 | 3542.0 | 111.5 | 灰色、杂色泥岩与灰色砂岩互层、夹薄煤 |
| | | | 山西组 | 3625.5 | 83.5 | 灰、深灰色泥岩与砂岩互层夹炭质泥岩及薄煤层 |
| | 石炭系 | 上统 | 太原组 | 3753.0 | 127.5 | 灰、深灰色泥岩与石灰岩互层夹砂岩、炭质泥岩及煤层 |
| | | 中统 | 本溪组 | 3777.0 | 24.0 | 深灰色、杂色泥岩、砂岩与石灰岩，底部为紫红色含铁质泥岩 |
| | 奥陶系 | 中统 | 白土组 | 3831.0 | 54.0 | 浅棕灰、浅灰色白云岩夹石灰岩 |
| | | 下统 | 马家沟组 | 3945.63 | 114.63 | 深灰色、灰色石灰岩夹白云质灰岩 |

断裂的位置吻合。地震资料表明，该区资料的品质较好，从总体看来，地震资料反映该区的构造还是有效的，见图 3-3-30。

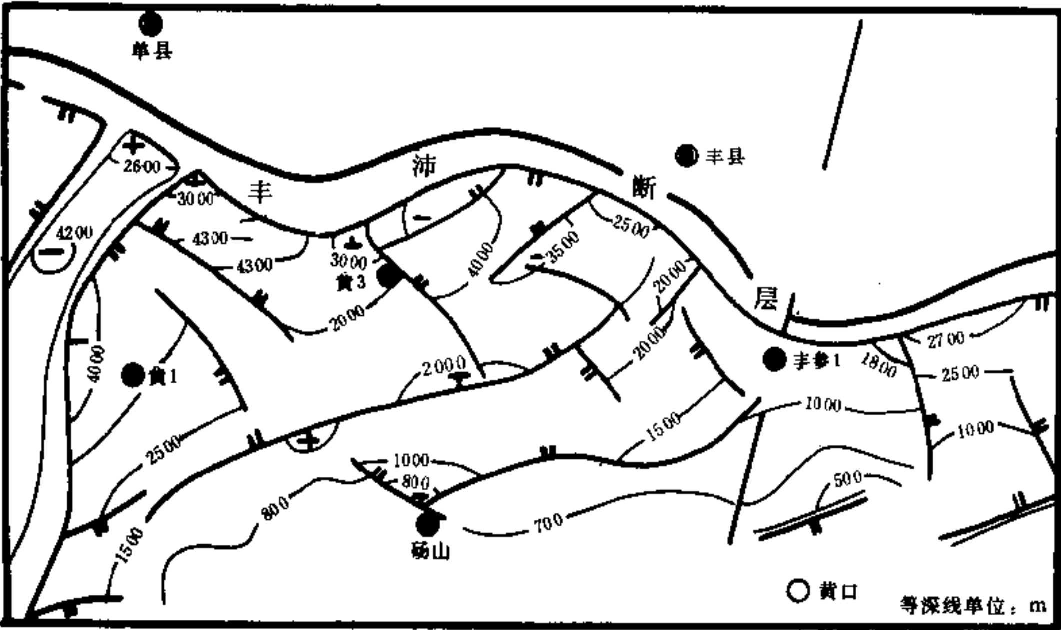



图 3-3-30　黄口盆地东部地震 $T_m$ 波（相当下第三系底）构造示意图

（据地质矿产部第四物探大队及石油工业部江苏石油勘探局地震资料）

结合丰参 1 井资料，各波组的地质属性见图 3-3-31。其中相当宋庄组的 $T_2$ 波组、相当白垩系的 $T_4^0$ 波组连续性甚好，可全区追踪。其它波组连续性较差，$T_6^2$ 波组为石炭二叠系反映，Tg 波组为奥陶系石灰岩的反映，其下无明显的波组可见。

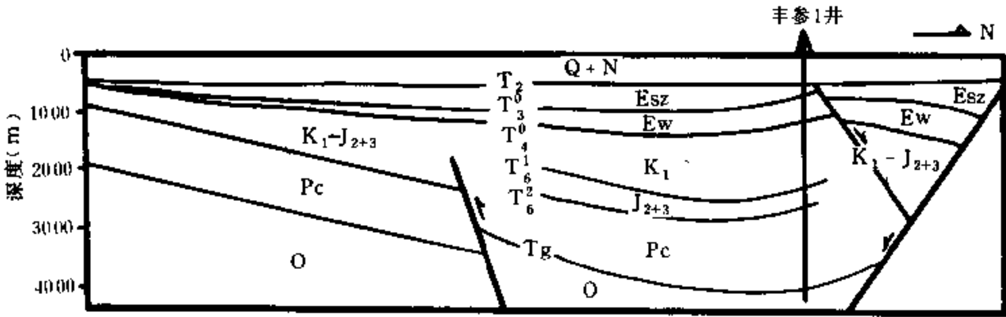



图 3-3-31　黄口盆地地震 NHK184 测线地质解释剖面图

（据江苏石油勘探局资料）

*1.基底及构造层*

黄口盆地的基底为华北地台相古生代地层，盆地中中、新生代地层发育较完全，古生界基底及中、新生代盖层共可划分为五个构造层，见表 3-3-44。

**表 3-3-44 黄口盆地构造层划分简表**

| 序 号 | 层 位 | 厚 度（m） | 接触关系 |
|---|---|---|---|
| 第一构造层 | 第四系+上第三系 | 150～1000 | 不整合 |
| 第二构造层 | 下第三系 | 700～4000 | 不整合 |
| 第三构造层 | 白垩系侏罗系 | 1400～2000 | 不整合 |
| 第四构造层 | 石炭二叠系 | ＞1300 | 假整合 |
| 第五构造层 | 寒武奥陶系 | 1500 | |

*2.断裂*

盆地内发育北西西、北北东走向的两组区域性大断层，对盆地的发生和发展有重要意义，见表 3-3-45。

**表 3-3-45 黄口盆地主要断层要素表**

| 断层名称 | 性质 | 走向 | 倾向 | 长 度（km） | 断 距 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 层 位 | 落差（m） |
| 丰沛断层 | 正断层 | 北西西 | 南 | 约 110 | Tg | 3500～8500 |
| 商丘断层 | 正断层 | 北西西 | 北 | 约 50 | Tg | 3500～5400 |
| 青堌集断层 | 正断层 | 北北东 | 南东东 | 约 20 | Tg | 4800～5400 |
| 八里堂断层 | 正断层 | 北北东 | 北西西 | 约 35 | Tg | 1900～2300 |
| 于贤集断层 | 正断层 | 北北东 | 南东东 | 约 45 | Tg | 1100～4500 |

（1）丰沛断层　控制了黄口盆地的北界，断层总体走向北西西，由一组南倾阶梯式正断层组成，沿断裂串珠状分布有中生代以来小型侵入体及中基性火山喷发岩。该断层形成时期可能始于晚侏罗世后期或更早一些，自喜山旋回以来断层南侧持续下陷，中、新生代断陷形成与断裂活动同步发展。

（2）商丘断层　构成盆地西部南界，总体走向北西西，是一组阶梯状北倾正断层。

（3）青堌集断层　构成盆地西部边界，是一条东倾的正断层。

（4）八里堂断层　为虞城凸起西侧西掉的正断层，断面倾角较陡，主要控制下第三系及中生界的沉积与分布。

（5）于贤集断层　为虞城凸起东侧东掉的正断层，断面下缓上陡，控制了下第三系及中生界的沉积与分布。

*3.构造单元划分*

黄口盆地构造单元本卷初步划分为两凹夹一凸，其中东部的黄口凹陷面积较大，又可进一步划分为四个次凹三个次凸一个斜坡，见表 3-3-46。

表 3-3-46　黄口盆地构造单元划分简表

| 二级构造单元 | 三级构造单元 | 局部构造 |
| --- | --- | --- |
| 商丘凹陷 | | |
| 虞城凸起 | | |
| 黄口凹陷 | 刘集次凹、张集次凸、杨楼次凹、姜马庄次凸、后黄楼次凹、李寨次凸、敬安次凹、南部斜坡 | 姜马庄背斜、朱楼背斜、王沟断鼻、赵集断鼻、食城背斜、腰里王断鼻、千里井断鼻、欧庄断鼻、包楼断鼻、袁寨断鼻 |

(1) 商丘凹陷　东界为八里堂断层，西界为青堌集断层，南界为商丘断层，北界为丰沛断层，是一北北东向地堑式凹陷，面积约 600 平方公里。凹陷内所钻的黄 2 井，井深 3208 米，下第三系未穿。

(2) 虞城凸起　东西两侧被断层所夹持，为一北北东向地垒式凸起，面积约 500 平方公里。据航磁资料，强磁性体最小埋深小于 1.5 公里，南部抬升较高，向北倾伏。据地震资料解释，两侧断阶带由下古生界组成，下第三系不整合于其上，其凸起核部为下古生界下部地层。

(3) 黄口凹陷　北界为丰沛断层，西界为于贤集断层，南界为与砀山隆起呈斜坡过渡，东界为峰山断层，该凹陷为一较典型的北断南超的箕状凹陷，面积约 2000 平方公里。在北部深凹带，由于基底的起伏，又可进一步划分为次凹和次凸次一级构造单元。在张集次凸上所钻的黄 1 井，完钻井深 2745.37 米，下第三系未穿。在姜马庄次凸上所钻黄 3 井，于井深 2671.5 米钻穿下第三系进入白垩系。

盆地内目前发现的局部构造大部分为断鼻断块构造，少数为背斜，圈闭面积一般小于 5 平方公里，闭合幅度一般小于 200 米。

### 三、石油地质条件

*1.中、新生界生油层*

(1) 宋庄组　黄口盆地下第三系宋庄组顶部发育一套灰色含膏泥岩、粉砂质泥岩，由于后期构造运动的影响，这套地层曾遭受不同程度的剥蚀，残留厚度为 57～210.5 米。以黄 1、2 井为例，其生油地化指标如表 3-3-47。

表 3-3-47　黄 1、2 井下第三系宋庄组暗色泥岩生油地球化学资料数据表

| 井　号 | 有机碳 (%) | 氯仿沥青 "A" (%) | 总　烃 ppm | 族组分，% | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| | | | | 饱和烃 | 芳香烃 | 非　烃 | 沥青质 |
| 黄 1 | 0.96 | 0.185 | 411 | 7.7 | 14.51 | 4.65 | 73.14 |
| 黄 2 | 0.77 | 0.128 | 264 | 9.7 | 10.92 | 13.25 | 65.62 |

从表上可以看出宋庄组生油岩有机质丰度已达到较好生油岩的标准。

从黄 2 井部分热解分析资料，氢指数常小于 300 毫克／克，氧指数多在 50～150 毫克／克之间，以 100 毫克／克为多，分析数据点都落在Ⅱ型Ⅲ型之间，说明其干酪根类型以腐植

-腐泥型为主。

至于有机质的成熟度，已有资料表明，宋庄组灰色含膏泥岩埋藏最深为1260～1446米（黄2井），其有关分析数据如表3-3-48。从$S_2$峰的温度并结合其他资料可以说明，目前钻遇的这套生油层尚处于未成熟阶段，但随埋深增加，生油层的厚度及有机质丰度和成熟度均可能变大变好。

表3-3-48　黄2井宋庄组暗色泥岩有机质成熟度分析数据表

| 井　　号 | 组　分 | | 热　解 | | 正烷烃 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 总烃% | 沥青+非烃 % | $S_2$峰温 ℃ | 产　率 | 主峰炭 | OEP | CPI |
| 黄2井 | 20.63 | 69.37 | 410～426 | 0～0.03 | $C_{27}$ | 1.6～2.87 | 1.16～2.5 |
| 成熟生油岩经验数据 | >30 | <70 | 435～460 | | $C_{21}$～$C_{23}$ | 0.9～1.2 | 0.9～1.2 |

(2) 丰县组　丰参1井在白垩系下统丰县组中发现较多的暗色泥岩，累积厚达503米（上段306米，下段197米），占本组厚59.1%。

1) 有机质丰度　见表3-3-49，用一般生油岩定级标准来衡量，丰县组上段的中上部属较好的生油层，上段的下部及下段属差的生油层或非生油层。

表3-3-49　丰参1井下白垩统丰县组暗色泥岩生油地球化学资料数据表[1]

| 层　　位 | 井　深 (m) | 有机碳 (%) | 氯仿沥青"A" (%) | 总　烃 (ppm) |
|---|---|---|---|---|
| 丰县组上段 | 1280～1382 | 0.67 (8) | 0.0437 (2) | 280 (1) |
| | 1382～1598 | 0.74 (10) | 0.0491 (5) | 220 (4) |
| | 1598～1695.5 | 0.33 (4) | | |
| 下　　段 | 1695.5～2131 | 0.20 (15) | 0.0025 (1) | |

① 括号内数据为样品数。

2) 有机质类型　根据丰县组暗色泥岩热解分析数据（见表3-3-50），并用一般有机质类型划分标准衡量，其上段的上部属腐泥-腐植型，上段的中部属腐植-腐泥型，上段的下部及下段属腐植型。

表3-3-50　丰参1井丰县组暗色泥岩热解分析数据表

| 层　　位 | | $T_{max}$ ℃ | $S_2/S_3$ | $S_1+S_2$ mg/g | $I_H$ mg/g | $C_P/C_{OT}$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 丰县组上段 | 上部 | 428 | 10.6 | 2.5 | 212 | 18.8 |
| | 中部 | 429 | 7.6 | 3.43 | 349 | 30.8 |
| | 下部 | 425 | 0.5 | 0.16 | 37 | 4.2 |
| 丰县组下段 | | 430 | 0.1 | 0.06 | 16.8 | 2.9 |

若将每个样品的 $I_H$ 和 $I_O$ 落在有机质类型图版上（见图 3-3-32），除部分样品的点子靠近类型曲线的根部难于辨别有机质类型外，其余样品和用上述热解分析数据所得结论大体相同。

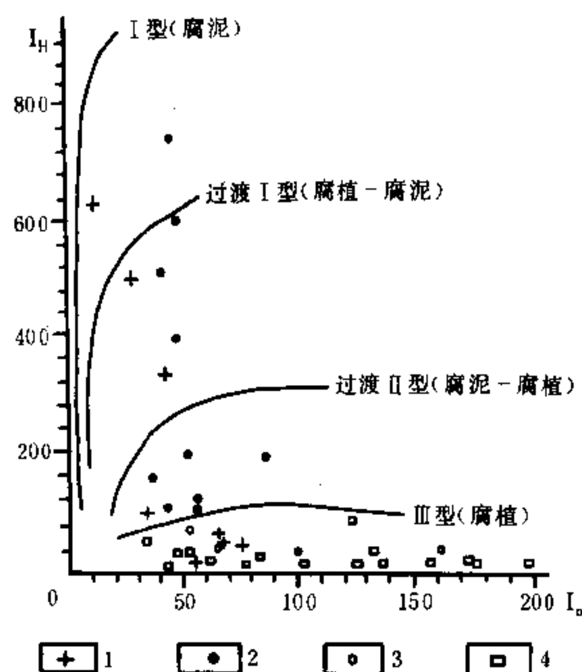



图 3-3-32 丰参 1 井白垩系下统丰县组有机质类型图

1—丰县组上段上部；2—丰县组上段中部；

3—丰县组上段下部；4—丰县组下段

3）有机质热演化特征　根据热解分析，丰县组上段产率指数（$I_p$）普遍很低，其中上部一般小于 0.06，至下部才增加到 0.16～0.33，随着埋深的增加，丰县组下段产率指数（$I_p$）由 0.43 逐渐增大到 0.80。产率指数曲线拐点的井深为 1800 米，根据丰参 1 井实测地温数据，1800 米井深的温度为 69.2℃。后者和有机质开始进入成熟阶段的地温（70℃）十分接近。因此，初步确定，本区丰县组生油岩成油的门限深度大致为 1800 米，即丰参 1 井丰县组上段及下段的上部生油岩处于未成熟阶段，丰县组下段的下部生油岩处于低成熟阶段。丰参 1 井位于继承性的李寨次凸高部位上，推测向东西两侧的敬安次凹和后黄楼次凹，丰县组有机质丰度和成熟度都可能会相应提高。

*2.石炭二叠系生气层*

丰参 1 井是目前黄口盆地钻遇石炭二叠系煤系地层的唯一深井，它进一步证实了黄口盆地基底为古生代地层，上部的石炭二叠系为盆地内煤成气的生成提供了雄厚的物质基础。据丰参 1 井及其东部邻区徐州一带资料，石炭二叠系暗色泥岩厚 464～753 米，石灰岩厚 32～70 米，煤层厚 11～15 米。石炭二叠系的煤均为腐植煤；暗色泥岩和石灰岩的热解、族组分分析（见表 3-3-51）也表明其有机质类型主要为腐植型，它们均为良好的生气母岩。

表 3-3-51　丰参 1 井石炭二叠系暗色泥岩和石灰岩族组分分析数据表

| 层　位 | 岩　性 | 有机碳 % | 氯仿沥青 "A"% | 总　烃 (ppm) | 饱和烃 % | 芳香烃 % | 非　烃 % | 沥青质 % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 上石盒子组 | 泥　岩 | 1.46 | 0.0127 | 67 | 33.52 | 19.23 | 22.53 | 13.74 |
| | 泥　岩 | 0.62 | 0.0145 | 42 | 10.21 | 19:01 | 23.94 | 43.66 |
| 下石盒子组 | 泥　岩 | | | | 13.24 | 21.57 | 22.55 | 42.65 |
| 太原组 | 泥　岩 | 1.55 | 0.0607 | 297 | 20.98 | 27.97 | 17.48 | 33.57 |
| | 泥　岩 | 1.43 | 0.0537 | 200 | 7.98 | 29.34 | 13.11 | 40.74 |
| | 灰　岩 | 0.47 | 0.0539 | 128 | 10.38 | 13.49 | 17.99 | 50.17 |

*3.储集层类型*

本区可能有以下三种储集层类型。

(1) 砂岩孔隙储集层　砂岩在第三系、白垩系、侏罗系、二叠系中均很发育，但其储油物性以第三系较好。第三系宋庄组砂岩，胶结疏松，孔隙度高者可达25.7～33.5%；侏罗、白垩系储油物性较差，砂岩胶结致密，孔隙度一般为4.7～6.2%，渗透率小于$1\times10^{-3}$二次方微米；二叠系砂岩物性更差，为低渗透储集层。

(2) 砂岩裂隙储集层　主要发育在岩性致密、物性很差的二叠系砂岩中。据两淮、徐州等地煤田水文地质资料，由于二叠系砂岩中次生构造裂隙发育的不均匀性，使砂岩不同程度的普遍含水。如徐州马坡煤矿下石盒子组砂岩裂隙宽可达0.5～1毫米，大部分裂隙被方解石、泥质半充填，单位涌水量可达0.034升／秒・米。砂岩次生构造裂隙对于二叠系砂岩来说应该是一种重要的储集层类型。

(3) 石灰岩次生裂隙和溶蚀孔洞　奥陶系和石炭系太原组石灰岩的次生裂隙和溶蚀孔洞也是本区重要的储集层类型。如徐州马坡煤矿，奥陶系马家沟组石灰岩裂隙溶洞发育，最大溶洞直径达2.5米，单位涌水量可达0.38公升／秒・米；丰参1井马家沟组石灰岩中溶洞直径最大可达0.5～2厘米。

此外，本区盖层条件较好，中、新生界和石炭二叠系各组段广泛发育的泥质岩可做为本区的盖层。

*4.可能的生储盖组合*

除石炭二叠系、白垩系丰县组等自生自储外，还可能存在以下几种储盖组合：

1) 寒武、奥陶系（储集层）与石炭二叠系（盖层）。

2) 下第三系汶口组底部（储集层）与汶口组中上部（盖层）。

3) 下第三系宋庄组中下部（储集层）与宋庄组顶部（盖层）。

4) 上第三系馆陶组底部（储集层）与中上部（盖层）。

5) 上第三系明化镇组下部（储集层）与上部（盖层）。

## 第八节　固 镇 盆 地

固镇盆地位于蚌埠市以北，跨固镇、五河、泗县、蒙城等县，面积约6000平方公里，是一个以中生界为主的沉积盆地，地面几乎全被第四系所覆盖，见图3–3–33。

1952年至70年代初期，地质部和煤炭部曾在盆地内进行矿产资源普查，钻地质浅井百余口，石油部门进行了二十万分一的重力普查和地质调查。1979年及1984年安徽石油勘探公司先后两次进行了资料收集和整理。

### 一、地层

根据地质浅井资料所表明，盆地基底由太古界、下元古界片麻岩和中上元古界碳酸盐岩所组成，南老北新，呈东西向条带状分布，其埋藏深度为500～2500米，上覆中、新生代地层；在地质浅井中尚未发现古生代地层。

据地质浅井资料，可以确定地质时代和层位的有侏罗系、白垩系和第三系，侏罗系直接不整合在太古界和元古界之上。

(1) 侏罗系　下部仅在个别井（ZK2井）中见到，岩性为灰绿色砂岩夹灰紫色、灰黑色页岩，偶见煤线，厚96米；中部为灰绿色、棕褐色砂岩、砂砾岩、砾岩夹粉砂岩和砂质

泥岩，厚195米；上部以中酸性火山岩和火山碎屑岩为主夹砂岩、泥岩，厚109～560米。

(2) 下白垩统朱巷组　本组地层分布较广，钻厚36至500米不等，其岩性为红、灰色相间的砂岩、泥岩互层，下部较粗，上部暗色泥岩发育，但大部分地区本组上部泥岩段已遭受不同程度的剥蚀。泗县在本组中见有青山中村蚌、坚叶杉、羽耳叶等化石。韦集断凹于本组中普遍含黄铁矿晶粒及碳化植物碎片，并有少量石膏。本组与下伏侏罗系可能为假整合或不整合接触。

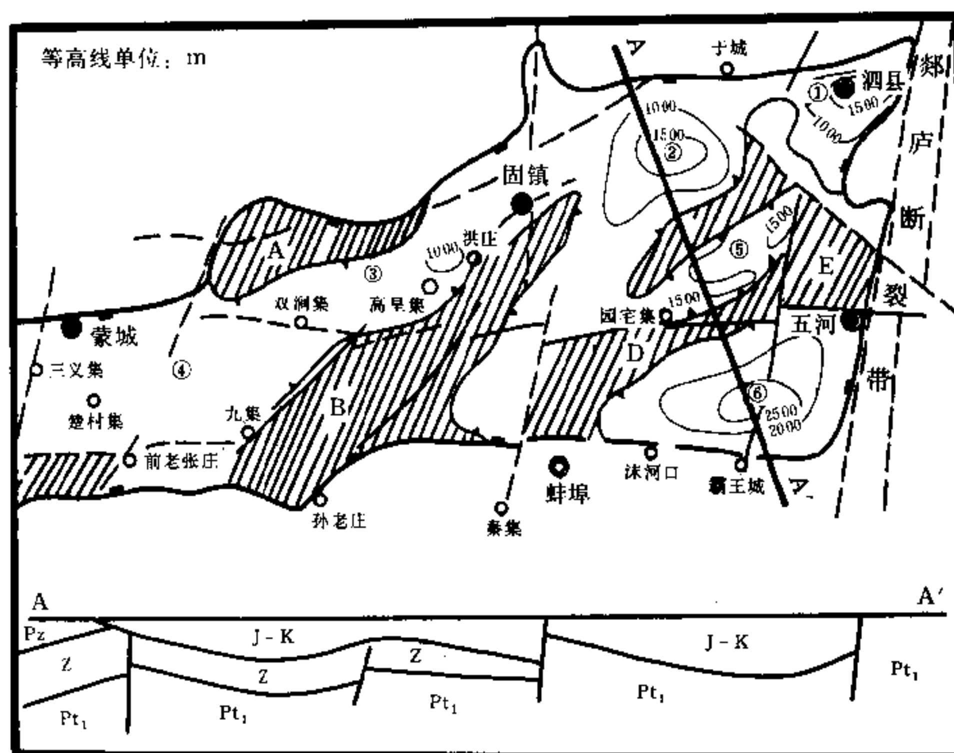



图3-3-33　固镇盆地位置、构造分区及构造横剖面图（据冯克强）

①—泗县断凹；②—韦集断凹；③—高皇集断凹；④—楚村断凹；⑤—东刘集断凹；⑥—五河断凹；A—双桥集断凸；B—河溜龙滩断凸；C—草沟断凸；D—抹阁李断凸；E—周湖断凸

(3) 上白垩统下部响导铺组　以棕褐色、褐灰色中、细砂岩为主夹同色及少量灰黑色泥岩。本组主要分布和保存于东部泗县、韦集等断凹中，而断凸上和西部断凹中未接受沉积或沉积很薄并已遭受剥蚀。本组残留厚度0～528米。

(4) 上白垩统上部张桥组　以棕红色、暗棕红色中、细砂岩为主，夹含砾砂岩，较疏松。本组已遭受强烈的剥蚀，仅见于泗县断凹和韦集断凹的局部地区，残留厚20～300米。

(5) 新生界（上第三系及第四系）　岩性为砂质粘土、钙质粘土、砂砾层。自东向西加厚，广布全区，钻厚85至577米不等，不整合在侏罗系、白垩系之上。

二、构造

*1.断裂*

固镇盆地断裂发育，其断裂大致可分为以下四组。

(1) 东西向断裂　据航磁资料，有三条近于东西走向的正负磁异常变化带，反映了三条

大的断裂，自南而北为：前老张庄—抹河断裂、双涧集—园宅集断裂及蒙城—丰城断裂，它们的规模巨大，向西延伸至盆地以外，向东至郯庐断裂，可能反映了结晶基底中的三条破碎带，形成了时间较早，控制了中生代沉积及火山喷发活动。

(2) 北东向断裂　分布于泗县、灵璧一带，其断层有九集—前董庄、孙老庄—老桥口、洪庄—万家湖等。以右列雁行式叠加在东西向断裂之上，形成于印支至燕山运动早期。

(3) 北北东向断裂　盆地东界的郯庐断裂、西界的三义集—八孔张家断层以及穿过盆地中部秦集—永定断层等属之。此组断裂规模大、延伸远，并影响了上两组断裂，且被北西向断裂所干扰。沿断裂带见有闪长玢岩、辉绿岩、玄武橄榄岩脉。

(4) 北西向断裂　主要有位于盆地东部浮山集—新桥断裂，沿断裂带常见岩浆岩，向下断至基底，向上断至中生界，是燕山期以来的一条主要的岩浆通道。

*2.构造单元的划分*

由于上述几组断裂的相互切割，固镇盆地因而形成了六凹五凸的构造格局。在断凹中，侏罗、白垩系一般保存较完整，厚度也较大；在断凸上，一般只残留较薄的侏罗系，见表3-3-52。

**表 3-3-52　固镇盆地次级构造单元简表**

| 构造单元名称 | 面　积 (km²) | 地质浅井数 | 中生界厚度 (m) | 构造层组合 |
|---|---|---|---|---|
| 泗县断凹 | 290 | 14 | >1500 | Q+N、$K_2K_1J$、$Pt_3$ |
| 韦集断凹 | 980 | 13 | >1500 | Q+N、$K_2K_1J$、$Pt_3$ |
| 高皇集断凹 | 740 | 14 | >2100 | Q+N、$K_1J$、$Pt_3$ |
| 楚村断凹 | 1450 | 14 | >2000 | Q+N、$K_1J$、$Pt_1$ |
| 东刘集断凹 | 230 | 2 | 约 1500 | Q+N、$K_2K_1J$、$Pt_3$ |
| 五河断凹 | 650 | 1 | >2500 | Q+N、$K_2K_1J$、$Pt_3$ |
| 双桥集断凸 | 230 | 9 | 2～210 | Q+N |
| 河溜龙滩断凸 | 700 | 9 | 120～450 | Q+N、J、$Pt_1$ |
| 草沟断凸 | 140 | 12 | 0～450 | Q+N、$K_2$、$Pt_3$ |
| 抹阁李断凸 | 460 | 5 | 0～712 | Q+N、J、$Pt_3$ |
| 周湖断凸 | 110 | 2 | >300 | Q+N、J、$Pt_3$ |

## 三、石油地质条件

综上所述，固镇盆地是一个在古老基底上叠置的中生代沉积盆地，勘探程度很低，从现有资料看，下白垩统朱巷组的上部，发育的一套暗色泥岩层为可能的生油层。据韦集断凹南部 73-2 井采样分析，有机碳含量为 0.1～0.69%，发光沥青含量为 $0\sim2\times10^{-2}\%$，二价硫含量为 0.03～1.77%。此套暗色泥岩在凹陷中埋深一般 1000 米左右，虽对油气的生成和保存不够理想，但在某些深凹部位，不排除有生成油气的可能性。因此，固镇盆地仍然是一个具

有一定油气勘探远景的地区，今后勘探的重点应放在断凹中，可用地震勘探配合深井钻探的方法，首先了解地质结构和生储盖油条件，以便作出比较确切的评价。固镇盆地中的五河断凹，面积650平方公里，为一明显的重力低带，推测中生界厚度在2500米以上，可优先进行油气普查勘探工作。

## 第九节 其它盆地

**一、潜山盆地**

潜山盆地位于安徽省西南部，分布在潜山、桐城、怀宁诸县境内，西邻大别山，面积约2400平方公里。

该区只作过二十万分之一区域地质调查、航磁及重力测量，安徽地质局311地质队曾以找盐为目的钻过两口浅井。

*1.地层*

潜山盆地是大别山前沿的中、新生代箕状断陷盆地。根据安徽石油勘探公司研究认为盆地基底为古老变质岩系，局部可能尚有古生界，但盆地内部主要为上白垩统及下第三系，出露最好的地区为黄铺一带，自下向上简述如下。

(1) 上白垩统海形地组（$K_2h$） 棕红、灰棕色厚层砾岩夹含砾砂岩，厚1000米。

(2) 古新统下部望虎墩组（$E_1w$） 棕红色中厚层至厚层含砾细砂岩、长石砂岩夹薄层砾岩及泥岩，厚1752～2607米，中国科学院古脊椎动物研究所和311队在靠近本组底部曾采获裂齿目、蜥蜴目、恐角兽目、怀宁始猛鳄、陆龟科等化石，时代定为古新世早期。并因此将其下的海形地组划归上白垩统。

(3) 古新统上部痘母组（$E_1d$） 为棕红色砾岩、砂岩，呈韵律层，顶部砾岩有所增加。采获恐角兽、嚣齿类化石，时代属古新世晚期。

*2.构造*

潜山盆地是大别山东沿的一个向东翘起的箕状断陷盆地，西以郯庐断裂与大别山隆起相接，见图3-3-34。该盆地在重力异常图上也有反映，在潜山附近有-40毫伽的圈闭线。由于未开展地震及深井钻探，深部情况不知其详。鉴于近10多年来人们对于推覆构造的认识，在大别山前沿有否存在此类构造、地腹有无中、古生界生储盖组合存在、都将是今后勘探工作值得重视的问题。

**二、望江盆地**

望江盆地位于长江沿岸望江、宿松、贵池一带，西南端伸入省外黄梅、广济、九江等地。区内水域较广，陆上交通不便，并大部为第四系覆盖。

该区的物探工作除50年代地质部902、904航测队所进行的1∶20万和1∶10万航磁测量外，1960年华东石油勘探局304重磁力队在华阳、望江、太湖以东做过1∶20万重力工作，1970年安徽地质局312队作了电法大剖面，1∶20万区域地质测量也已完成。1971年由安徽石油勘察处与312队共同进行该区石油普查，并由312队承担钻井任务，钻探了东风1井、红旗1井和莲1井，均为浅井，总进尺2124米。

*1.地层*

钻井仅揭示下第三系，尚未钻穿，结合周边资料，侏罗系及其以上地层如表3-3-53所示。中、古生界及更老地层可参见区域地质部分。

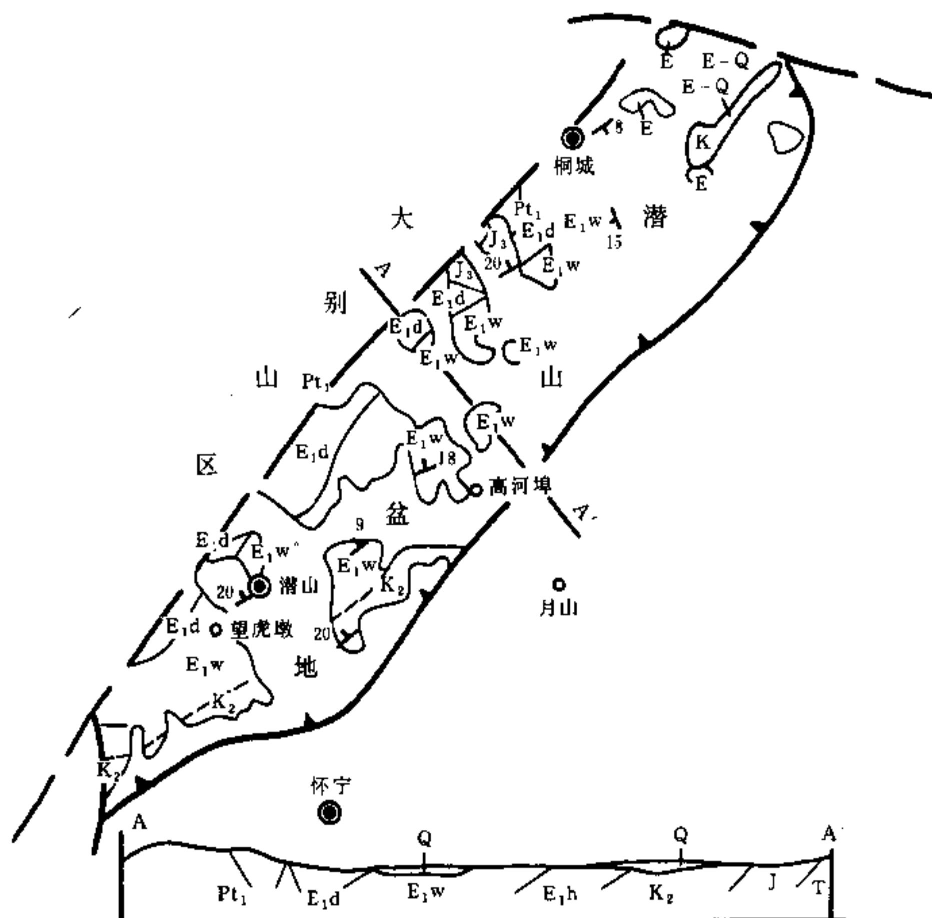



图 3–3–34　潜山盆地地质略图（据太湖幅 1∶20 万区测资料简化）

**表 3–3–53　望江盆地中、新生代地层简表**

| 系 | 统 | | 地层名称 | 代　号 | 厚度（m） | 主要岩性 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 第四系 | 全　新 | | 近代堆积 | $Q_4$ | 0～40 | 亚粘土、砂、砾石 |
| | 更新 | 上 | 下蜀组 | $Q_3x$ | 0.5～10 | 粉砂质粘土、亚粘土、含铁锰质结核 |
| | | 中 | 网纹红土 | $Q_2w$ | 2～10 | 蠕虫网纹状粘土、含砾 |
| | | 下 | 安庆砾石层 | $Q_1a$ | 1～20 | 砂砾层 |
| 下第三系 | 始新 | | 吴雪岭组 | $E_2w$ | ＞31 | 砾岩、砂质砾岩夹砂岩 |
| | 上古新 | | 痘母组 | $E_1d$ | 227～661 | 砾岩、含砾砂岩、砂岩互层 |
| | 下古新 | | 望虎墩组 | $E_1w$ | 1053～1907 | 含砾细砂岩、长石砂岩夹砾岩及泥岩 |
| 白垩 | 上统 | | 海形地组 | $K_2h$ | 1700 | 砾岩夹含砾砂岩、砂岩 |
| 侏罗系 | 上统 | 上 | 汪公庙组 | $J_3w$ | 2382～2477 | 凝灰质砾岩、含砾砂岩、砂质、碳质页岩 |
| | | 下 | 江镇组 | $J_3j$ | 1027～1974 | 安山岩、粗安岩、粗面岩、火山碎屑岩夹粉砂岩 |
| | 中统 | | 自流井组 | $J_2z$ | ＞564 | 粉砂岩、页岩夹细砂岩、底为砾岩 |
| | 下统 | | 武昌组 | $J_1w$ | 177～624 | 长石石英砂岩、粉砂岩、页岩夹煤层 |

侏罗系仅分布于江北的独山、张畈、江镇一带，中下统以碎屑岩为主夹薄层煤；上统以火山岩为主。

白垩系上统海形地组仅零星出露于宿松、东流城附近，以明显的角度不整合于老地层之上，砾石成分因地而异。

下第三系出露于宿松县城附近，与海形地组渐变过渡。东风1井井深510.9米，所钻遇岩性为一套棕色泥岩、泥质粉砂岩、细砂岩和砾岩组成，具明显的韵律，160.25～161.60米井段泥岩中含丰富的介形虫类和腹足类化石，经南京古生物所鉴定有德卡里金星介比较种、蜂巢金星介比较种、壳玻琍介比较种、真金星介以及小旋螺等，属早第三纪地层。

*2.构造*

望江盆地是下扬子台坳上的断陷盆地，与无为盆地在同一构造带上。三叠纪时海侵范围逐渐缩小，最后全部退出，并有褶皱运动发生。燕山运动表现强烈，岩浆活动频繁，新生代以来断陷活动显著，形成了以断裂所围限的断陷盆地。望江地区−20毫伽的重力负异常与盆地范围吻合较好，沿江断裂在航磁异常图上反映明显。

据仅有的两条电测深剖面资料表明，盆地内电性高阻层（Ⅲ）之上尚有3000米左右的沉积，推测（Ⅰ）层为第四系、（Ⅱ）层为第三系+白垩系，也可能包括部分侏罗系，（Ⅲ）层为碳酸盐岩。

根据地层分布及断裂情况，该盆地及邻区简单的构造区划如图3−3−35所示。

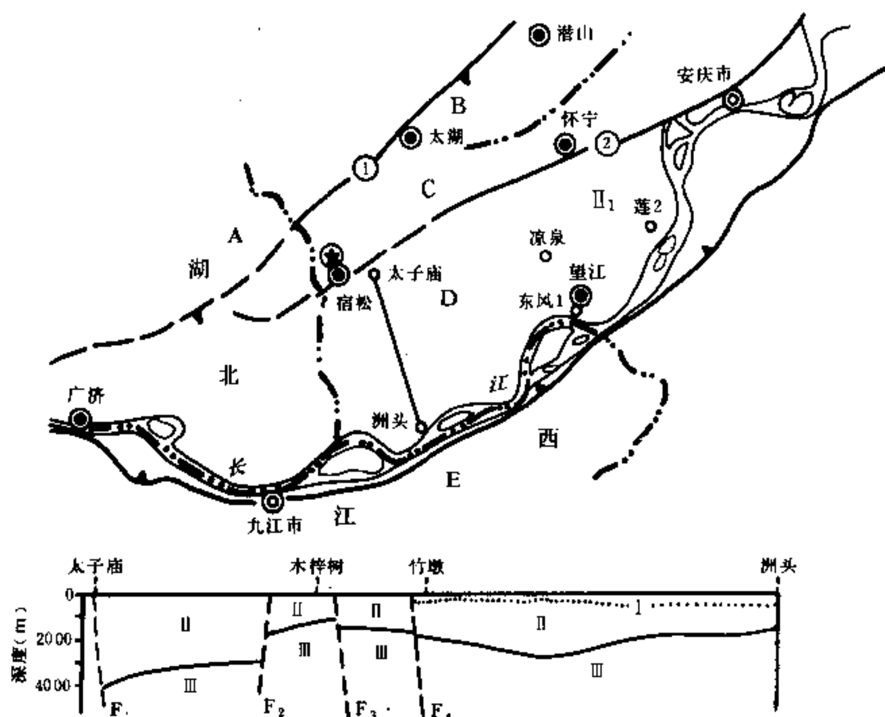



图3−3−35　望江盆地构造分区及横剖面图（安徽地质局资料）

A—大别隆起；B—潜山盆地；C—怀宁推覆带；D—望江盆地；E—宁芜推覆带；

①—郯江断裂；②—长江下游断裂

*3.油气显示*

宿松县城北小山上钻探磷矿的三口浅井中，在距地表数十米的下侏罗统砂岩中发现了多处油苗，取出岩芯时尚可见原油渗出。

综上所述，望江盆地在今后油气勘探工作中应予以重视，该盆地中、古生界的油气资源量预测可参见南陵盆地部分。

**三、宣广盆地**

宣广盆地位于皖南宣城、郎溪、广德诸县境内，面积2250平方公里。区内平原丘陵相间，水系发育。除进行了1∶20万区域地质调查外，也进行过航磁、重力、电法等地球物理勘探。以找石油为目的钻井尚未开始，地震勘探也未开展。因而只对地下地质情况有概貌了解。

该盆地是以白垩系为主体的坳陷盆地，但与断裂活动亦有相当关系，地质简况如图3–3–36。

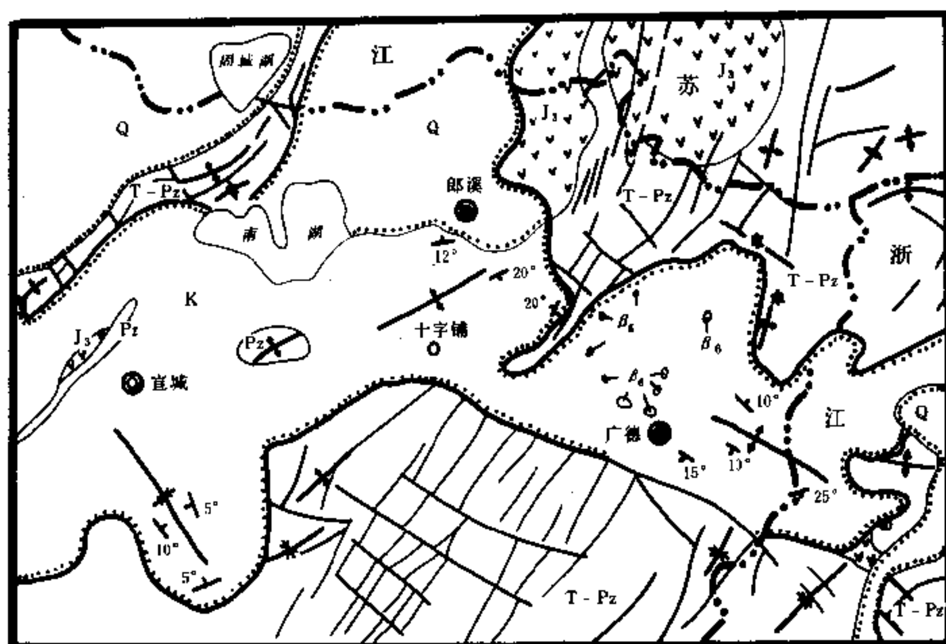



图3–3–36　宣广盆地地质略图（据安徽区调队宣广幅区测报告简化）

*1.地层*

古生界及三叠系请参看区域地质部分，侏罗系、白垩系层序及岩性见图3–3–37。中、下侏罗统为碎屑岩，上统为多期喷发的火山岩，白垩系以粗碎屑岩为主，厚度可达6000米以上，盆地缺少第三系，但有玄武岩零星出露。

*2.构造*

宣广盆地是印支—燕山早期褶断基础上发展起来的以白垩系为主体的山间盆地，整个盆地呈东西走向，横切了原来北北东向构造。从总的趋势看，盆地内部磁场变化较为平静，边缘部位有200～400伽马的正异常存在。重力反映为明显的负异常，与盆地构造基本吻合。白垩系本身显示了只有10°左右倾角的轻微褶皱。褶皱方向与邻近老地层走向基本一致。由于该区未进行过地震及深井钻探，据地表岩层产状分布特征来看，与周围老地层强烈的褶皱断裂颇不协调，因此，可以预计，其上下构造层的结构可能存在较大的差异，今后的勘探

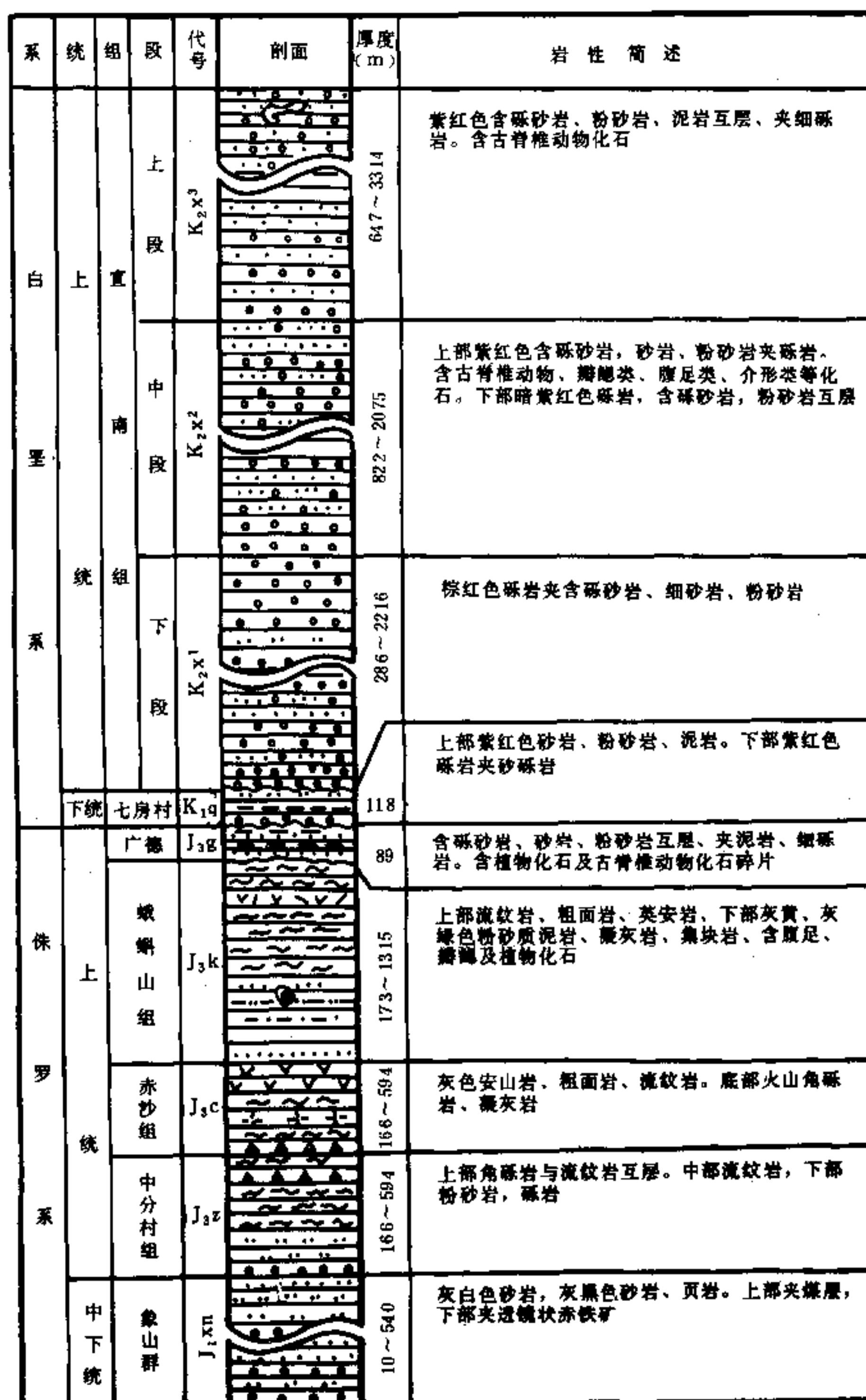



图 3-3-37　宣广盆地中生代地层柱状剖面图（据宣广幅区测报告简化）

应重视这一情况。

3.油气显示

该盆地附近二叠系煤田勘探钻井及采掘于煤系地层中时有原油渗出，长兴石灰岩裂隙中

亦见有油显示。表明了中、古生界中曾有过油气生成聚集过程，该区共发现油气显示六、七十处，是安徽省发现油气显示最多的地区。

鉴于该盆地西缘九连山、麻姑山有存在推覆构造的迹象，在有适当盖层条件的情况下，寻找推覆岩体下盘中、古生界的油气还是有可能的。作为安徽找油的后备勘探基地来说，可以把它与南陵盆地作为一个整体加以考虑。

**四、休宁盆地**

休宁盆地是皖南南部山区中唯一的中生代盆地，它南邻浙江，西接江西，分布于休宁、屯溪、歙县一带，呈北东东向展布，面积 640 平方公里。为跨座在“江南古陆”前震旦系之上的中生代盆地。曾进行过 1：20 万区域地质测量及航磁、重力测量。为勘探其它矿产也曾进行过浅井钻探。但未曾开展以找石油为目的的专业勘探工作。其位置及地质概况见图 3-3-38。

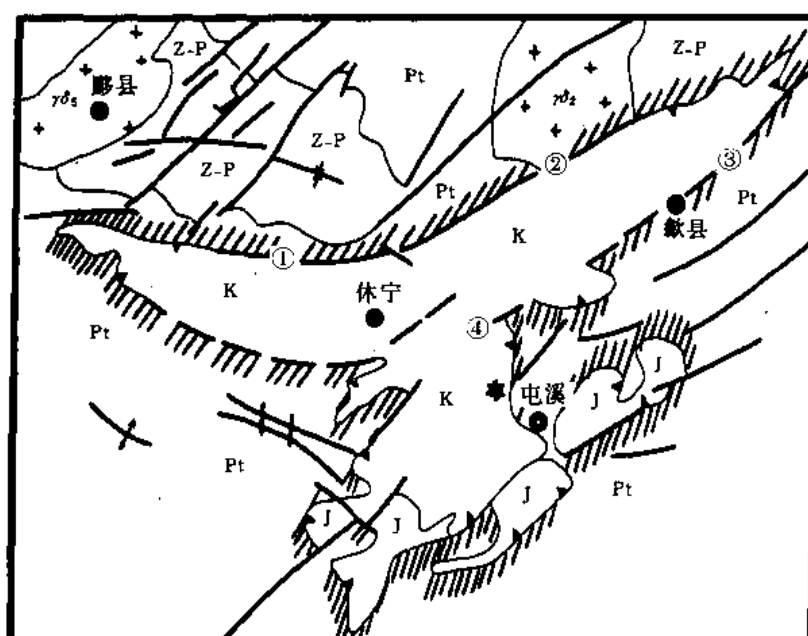



图 3-3-38 休宁盆地地质略图（据屯溪幅 1：20 万区测资料简化）

①—[illegible]断层；②—潜口断层；③—全坑断层；④—梅岭断层

星号为井下油苗

据地面及浅井揭示，中生代地层层序如图 3-3-39 所示。

地层的特点是三叠系分布范围狭窄，上统安源组含煤，但数量不多。侏罗系以粗碎屑岩为主，上统亦有火山岩出现。白垩系以砂砾岩、砾岩为主，在屯溪以北岩寺附近厚达 2200 米。未见第三系。

在布格重力异常图上，盆地主体部分为一斜坡带。屯溪附近为一走向北东的重力高，这种格局可能是屯溪附近变质岩基底两侧有沉积岩的综合反映。

盆地内部白垩系未见强烈的褶皱，但是在休宁流塘附近古生界及三叠系煤系有强烈的褶皱和挤压推覆现象存在，这种现象发生在相当稳定的“江南古陆”上，是值得注意的问题。

| 界 | 系 | 统 | 组 | 代号 | 剖面 | 厚度（m） | 岩性简述 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 中生界 | 白垩系 | 上统 | 小岩组 上段 | | | >437 | 灰紫色、砖红色砾岩、砂岩、产蜥蜴、恐龙颈椎化石 |
| | | | 小岩组 下段 | | | 482 | 暗红色、砖红色砾岩、砂岩 |
| | | | | | | >485 | 紫红色砾岩、灰绿色砂砾岩. 粉砂岩 |
| | | 下统 | 桂林组 上段 | | | 992～2037 | 上部紫红色砂岩，中部同色粉砂岩、泥岩。下部暗紫色砂岩 |
| | | | 桂林组 下段 | | | 486 | 上部：棕灰色厚层砾岩，紫红色砂岩。<br>下部：棕黄色，灰色厚层砾岩，紫红色砂岩 |
| | 侏罗系 | 上统 | 岩塘 | $J_3y$ | | 122 | 黄绿，灰绿色含砾砂岩，泥岩 |
| | | | 石岭组 | $J_3s$ | | 294～620 | 安山岩、火山角砾岩、集块岩 |
| | | | 炳丘组 | $J_3b$ | | 307 | 褐黄、紫红色砾岩，夹砂岩，顶为粉砂质粘土岩 |
| | | 中统 | 洪琴组 | $J_2h$ | | 235～1562 | 灰白、紫、灰绿色砂岩、泥岩、底部砾岩 |
| | | 下统 | 月潭 | $J_1y$ | | 21～>150 | 灰、灰黑色粉砂岩，泥岩、夹石英砂岩及煤层底部为砾岩 |
| | 三叠系 | 上统 | 全源组 | $T_3an$ | | 138～361 | 上部黑色泥岩、粉砂岩夹泥质灰岩及煤层。<br>下部：深灰、灰黑色砂岩、泥岩夹煤 |
| | | 中下统 | 青龙群 | $T_{1-2}$ | | | 灰白色灰岩、蠕状灰岩、夹钙质泥岩 |

图 3-3-39　休宁盆地中生界柱状剖面图（依据同上）

该区未能取得系统的生储盖层的实验分析资料。但在 60 年代，于休宁屯溪间的梅林附近钻探煤炭的钻井中，在侏罗系上统灰质砂岩岩芯中见有裂隙晶洞含油，是该盆地唯一的油气显示。此外，赋存于下古生界不同层位的"沥青煤"在绩溪、歙县亦时有所见，与浙江康山的"沥青煤"属同一性质，反映了早古生代地层确有过油气生成、聚集、破坏的过程。

除了上述盆地外，还有皖北宿县附近的蒿沟盆地，嘉山以东江苏盆地伸入安徽境内的洪泽凹陷，或因面积狭小、或因资料较少，均未予以记述。

# 第四章　油田及含油构造分述[1]

安徽在天长地区已发现一批油田和含油构造，其圈闭及储集层情况、油藏类型和流体性质等一一分述于后。

## 第一节　王龙庄油田

王龙庄油田位于天长县张铺乡王龙庄村东北，交通方便。1976年石油部物探局发现了王龙庄构造。1978年安徽石油勘探公司在该构造上钻天深20井，次年4月，于阜二段含鲕亚段试获工业油流。自1982年起对该构造继续进行勘探，截止1988年底，共钻井22口，进尺40438米。已发现阜三段上部、阜三段下部和阜二段含鲕亚段、砂岩亚段四个油藏。

**一、构造圈闭**

王龙庄断鼻位于汊涧次凹泥沛～张铺鼻状构造带上，是西Ⅲ断裂与鼻状褶曲及单斜相结合所形成的断鼻和断块圈闭（见图3-4-1）。西Ⅲ断裂是由三条反向正断层组成的断裂带，其中西Ⅲ断层断距300～400米，断面倾角具有上陡（倾角50°～70°），中缓（15～25°）、下陡（大于60°）的"犁式"特征。按王龙庄阜二段含鲕亚段顶板（地震$T_3^3$反射层）构造图，该断鼻被西$Ⅲ_0$断层切成东西两块，东块为上升盘，具鼻状显示，走向北东60°，两翼近对称，呈长蚌形，面积2.5平方公里，是油田的主体；西块为下降盘，呈向西南倾的单斜。王龙庄断鼻闭合高度大于175米，高点埋深1600米。

**二、储集层**

油田储集层为阜三段细砂岩、粉砂岩和阜二段含鲕粒粉、细砂岩夹少量含鲕粒灰岩。油层累厚60余米，含油井段长达400米以上。阜三段油层埋藏深度1375～1650米。阜二段油层埋深1613～1775米。

阜三段砂岩为水退型三角洲前缘相河口砂坝、沿岸带状砂和分流河道砂所组成，局部为漫岸沉积，单层厚2～8米，平面上砂层彼此连通，变化较小。泥质和方解石胶结，胶结物含量一般在10～20%，胶结类型以孔隙式为主，次为接触式。砂岩粒间孔发育，未见溶蚀孔。储油物性不仅与所处的岩相部位有关，主要还与胶结物的种类、含量及成岩后生作用有关。例如河口砂坝细砂岩孔隙度较漫岸的粉砂岩大。（前者大于21%，后者小于20%）泥质胶结砂岩比方解石胶结的砂岩物性要好，胶结物含量小于15%者，物性一般较好。特别应指出的是砂岩孔隙度因成岩后生作用的影响，孔隙内充填有结晶的铁白云石和高岭石、水云母等，使孔隙减小，连通性变差。

阜二段储集层为水进型三角洲前缘相分流河道砂和岸外浅滩砂体，单层厚度一般1～4米，大于5米的较少。砂岩中鲕粒含量一般在30%以下，多为0.1～0.3毫米的表鲕和正常鲕。胶结物为微、细晶方解石、白云石、铁白云石，次为泥质，含量一般在20%以上，个别高达30%，砂层多致密，疏松者很少，常见分布不均的粒间孔和溶蚀孔。由于成岩后生

[1] 方安希等参加了本章编写工作。——编者

作用的影响，不仅可以看到因溶蚀作用使得有些表鲕成了空洞，石英颗粒部分已被溶蚀，增加了孔隙连通性，而且也可以看到石英次生加大现象，长石被风化淋滤，孔隙中充填着较多铁白云石和水云母、高岭石等，减少了孔隙的连通性。

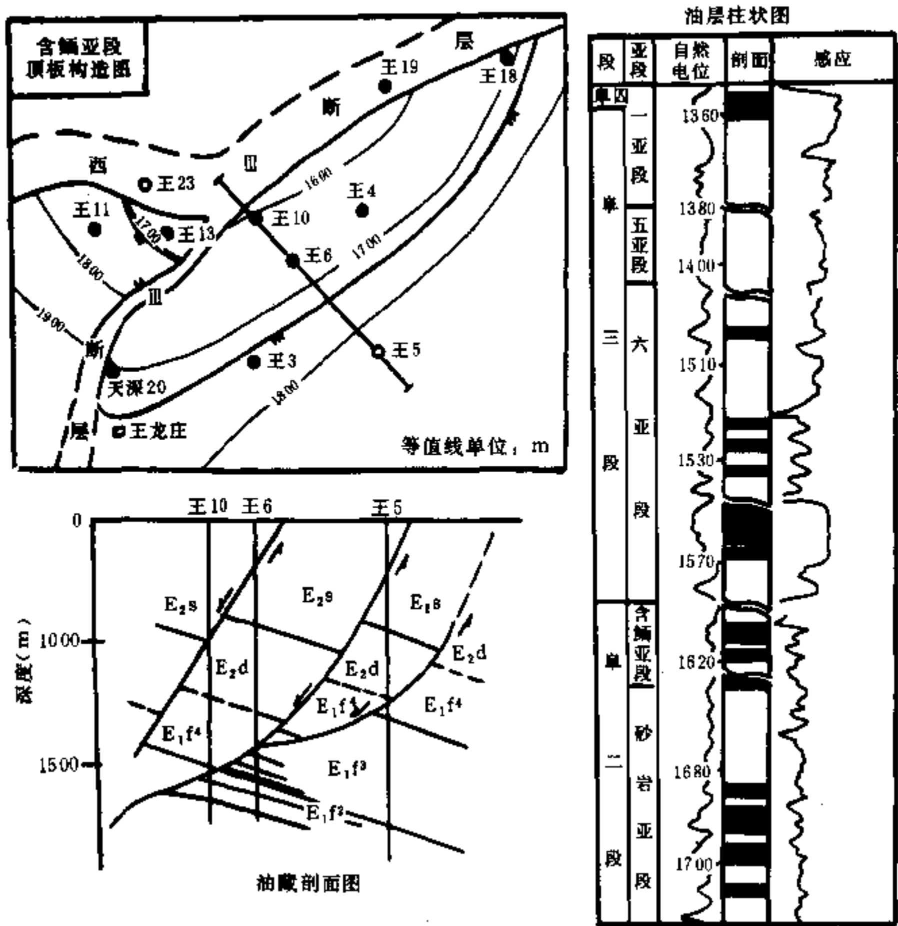



图 3-4-1 王龙庄油田综合成果图

根据阜三段和阜二段油层所处组段位置、纵向上油水分布和泥岩隔层情况将其划分七个油组。

阜三段四个油组总体上看，砂岩单层厚度大，平面上连通好，方解石及泥质胶结物含量相对少，根据取芯分析资料，孔隙度平均值在20%以上，平均渗透率大于$60\times10^{-3}$二次方微米，(见表 3-4-1)。阜三段好油层多集中在河口砂坝顶部和分流河道的中下部。阜三段储集层具有大容量、中—中高渗透性近于均质的特征。阜二段三个油组，砂岩单层厚度小，砂岩平面上常分叉、合并，砂岩的碳酸盐胶结物含量高，孔隙度、渗透率均较阜三段低（见表 3-4-1)，具有中容量、低—中渗透性近均质—非均质的特征。

**三、油藏类型及流体性质**

王龙庄油田属于断鼻、断块层状油藏，称为王龙庄式油藏模式，这种模式在天长地区具有普遍意义，它的特点是靠地层本身鼻状褶曲和断层下降盘泥岩有效地遮挡上升盘多套储集层形成的，因此，在平面上油藏面积不大，呈狭长形条带紧靠控油的西Ⅲ断层分布，不同含油层组连片叠加，各个油藏的北部边界随着断层向上延伸而自下而上有规律地向东南迁移，各油藏高点不相重叠。剖面上，油气主要富集在“犁式”断层变缓地段，油藏剖面总体上呈不

规则“刷”状。自下而上油藏高度及宽度有从中—大—小的变化趋势，以阜二段含鲕亚段和砂岩亚段油藏较宽、面积较大、油藏高度也较大，阜三段油藏较窄、面积较小、高度亦较小。对王 13 井阜二段油层进行液面静压测定，井深 1650 米为 15.84 毫帕，压力系数为 0.947，属低压油藏。油田内井深 1650～1705 米油层的温度为+66～+70℃。

**表 3-4-1 王龙庄油田阜宁组油层物性数据表**

| 井号 | 油组 | 样品块数 | 孔隙度（%） | | 渗透率（$\times10^{-3}$um$^2$） | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 范围 | 平均值 | 范围 | 平均值 |
| 王 3 | $E_1f^{3-Ⅰ}$ | 15 | 13.01～28.35 | 21.1 | 0.34～290.90 | 61.21 |
| 王 6 | $E_1f^{3-Ⅵ}-1$ | 7 | 24.29～27.82 | 26.47 | 65.99～679.12 | 307.92 |
| 王 15 | $E_1f^{3-Ⅵ}-1$ | 70 | 5.74～31.18 | 20.19 | 0.02～977.41 | 99.76 |
| 王 6 | $E_1f^{3-Ⅵ}-2$ | 6 | 17.62～23.77 | 22.21 | 23.52～191.39 | 71.58 |
| 王 15 | $E_1f^{3-Ⅵ}-2$ | 29 | 16.77～24.59 | 21.94 | 5.69～445.20 | 70.95 |
| 天深 20 | $E_1f^2-1$ | 3 | 13.72～22.46 | 19.60 | 20.87～74.93 | 44.01 |
| 王 1 | $E_1f^2-1$ | 14 | 10.52～23.36 | 17.58 | 4.58～934.05 | 192.32 |
| 王 13 | $E_1f^2-1$ | 14 | 4.48～24.18 | 14.39 | 0.04～52.70 | 14.37 |
| 王 14 | $E_1f^2-1$ | 4 | 16.85～18.61 | 17.70 | 5.73～23.62 | 14.00 |
| 王 1 | $E_1f^2-2$ | 5 | 14.83～24.83 | 19.01 | 6.88～400.31 | 109.03 |
| 王 13 | $E_1f^2-2$ | 3 | 10.01～11.45 | 10.72 | 0.047～16.45 | 5.52 |
| 王 13 | $E_1f^2-3$ | 12 | 7.83～19.09 | 11.99 | 0.11～45.27 | 8.19 |
| 王 14 | $E_1f^2-3$ | 8 | 8.58～21.90 | 16.73 | 0.05～326.76 | 106.94 |

原油性质：各油组原油密度为 0.8671～0.8970，密度没有随层位和深度变化迹象；粘度 30.53～191.78mm$^2$／s，多数小于 100mm$^2$／s；凝固点为 33°～40℃；含蜡量 8.06～17.31%；含硫 0.43～1.37%，多数在 0.5%～1%；含胶量 21.53～37.10%。属中—低粘度、中等含蜡、中—高含硫含胶量、中密度高凝点原油（表 3-4-2）。

原油伴生少量天然气，其组分据王 3 井取样分析：甲烷 93.47%、乙烷 0.33%、丙烷 0.56%、丁烷 1.06%、戊烷 0.79%、戊烷以上 1.41%，二氧化碳 2.65%。

油田水性质据阜二段三个油组油田水分析 pH 值大于 7，呈弱碱性；矿化度在 25.74～31.11 克／升间，从浅至深，油田水矿化度渐增大。$\frac{\gamma Na^+}{\gamma Cl^-}$比值为 0.96～1.129。以 $NaHCO_3$ 型水为主，其次为 $Na_2SO_4$ 型水。

**四、开发简况**

自油田发现后，针对阜二段主力油层进行了滚动勘探，设计了基础井网，共打了 17 口井，其中油田东块 15 口井，西块 2 口井。目前按阜三段下部油藏和阜二段两个油藏共三套

层系进行开采。平均单井产量为 4.3 吨／日，年采油量约 2 万吨。目前平均综合含水率为 10%，油田累计采油量 6.6 万吨。从 1984 年开始试生产以来，先后已有两个油组见水，现正准备采取边缘注水实验，以期恢复油层压力。

针对阜二段三个油组储集层物性条件不好，在天深 20 井和王 9 井试油过程中，曾分别对其中两个油组进行了酸化，天深 20 井无明显效果，王 9 井初产量为酸化前的 4 倍，10 天后降至原产量，说明酸化作用半径小，对油层连通性改善不大，看来，需要制定新的增产措施，以提高油井的产量。

**表 3-4-2　王龙庄油田原油分析成果表**

| 井号 | 层位 | 井　深 (m) | 密度 (g／cm³) | 运动粘度 50℃ (mm²／s) | 凝固点 (℃) | 含硫量 (%) | 含蜡量 (%) | 含水量 (%) | 初馏点 (℃) | 馏　分　% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 200℃ | 270℃ | 300℃ |
| 王 3 | $E_1f^{3-\mathrm{I}}$ | 1357.0～1361.8 | 0.8718 | 32.26 | 39 | 0.43 | 17.31 | <0.5 | 125 | 3.61 | 10.29 | 16.19 |
| 王 15 | $E_1f^{3-\mathrm{VI}}-1$ | 1527.4～1529.4 | 0.8865 | 56.79 | 36 | 0.79 | 10.22 | 8.7 | 100 | 13.15 | 22.15 | 29.41 |
| 王 15 | $E_1f^{3-\mathrm{VI}}-2$ | 1559.0～1570.4 | 0.8789 | 49.37 | 36 | 0.69 | 8.06 | 3.4 | 110 | 9.71 | 18.57 | 24.57 |
| 王 13 | $E_1f^{3-\mathrm{VI}}-2$ | 1611.6～1628.2 | 0.8700 | 53.24 | 36 | 0.64 | 10.37 | 3 | 138 | 6.36 | 14.84 | 21.20 |
| 天深 20 | $E_1f^2-1$ | 1705.4～1708.2 | 0.8764 | 46.2 | 36.5 | 0.76 | | 4.5 | 89 | 10.52 | 17.0 | 26.23 |
| 王 14 | $E_1f^2-1$ | 1650.6～1656.8 | 0.8744 | 46.66 | 35 | 0.59 | 12.13 | 4 | 120 | 9.3 | 24.0 | 38.8 |
| 王 7 | $E_1f^2-2$ | 1687.0～1692.2 | 0.8759 | 30.53 | 33 | 0.44 | | 5.5 | 115 | 7.5 | 17.0 | 21.5 |
| 王 14 | $E_1f^2-2$ | 1700.6～1709.0 | 0.8671 | 32.26 | 34 | 0.52 | 12.5 | 微量 | 112 | 11.9 | 22.8 | 31.4 |
| 王 1 | $E_1f^2-2$ | 1769.5～1780.2 | 0.8963 | 109.0 | 39 | 1.37 | 15.6 | 9.6 | 164 | 1.38 | 7.94 | 13.94 |
| 王 16 | $E_1f^2-3$ | 1673.0～1686.6 | 0.8709 | 40.52 | 33 | 0.49 | 13.95 | 0.2 | 104 | 13.92 | 23.04 | 27.85 |
| 王 16 | $E_1f^2-3$ | 1690.0～1692.0 | 0.8848 | 82.33 | 35 | 0.69 | 11.32 | 1 | 112 | 10.53 | 18.47 | 21.05 |
| 王 7 | $E_1f^2-3$ | 1713.0～1715.0 | 0.8977 | 191.78 | 36 | 0.82 | | 7.47 | 140 | 6.93 | 14.65 | 20.79 |

## 第二节　潘 庄 油 田

潘庄油田位于天长县平安乡潘庄，宁淮公路从油田穿过，交通十分便利。

1975 年石油工业部地球物理勘探局发现了潘庄断鼻。1977 年安徽石油勘探公司钻天浅 9 井，在井深 996.38～997.26 米阜四段泥岩、泥灰岩裂隙中见油显示。次年又钻天深 16 井，在阜四段底部见裂隙含油，并在阜三段顶部发现厚油砂层，经试油，日产原油 4.36 立方米，水 12.31 立方米，该井为潘庄油田发现井。截止 1983 年共在油田钻中深井 14 口，进尺 18304.8 米，控制了油田的面积和储量，建成天长地区第一个油田（图 3-4-2）。

### 一、构造圈闭

潘庄断鼻位于汊涧次凹泥沛—张铺鼻状构造带中段与北东向西Ⅳ断层复合部位。西Ⅳ断层是北倾的反向正断层，它切割了具继承性近南北向鼻状褶曲，形成了潘庄断鼻阜三段圈

闭。该圈闭轴向北北东，两翼不对称，东翼陡 22°30′，西翼缓 7°20′，断鼻顶部平缓，呈蚌形（图 3–4–2），按 1180 米等深线计算，圈闭面积近 1 平方公里，闭合高度大于 112 米，高点埋深 1068 米。

**二、储集层**

油田主要储集层为阜三段顶部砂岩组。阜四段底部泥岩泥灰岩在油田的局部地区为裂隙含油。阜三段顶部砂岩组，其岩性为粉、细砂岩夹泥岩，为三角洲平原相分流河道砂坝和漫岸沉积，厚 89～121 米，总体上为向上变粗并具多个韵律结构。油层集中分布在砂岩组上部，油层累计厚度 30 米，含油井段长达 74 米，埋藏深度 1068.5～1142.5 米。

阜三段顶部砂岩组的砂岩为细、粉砂岩，胶结物以方解石、白云石为主，次为泥质，少量石膏。胶结物含量一般在 25%以下，胶结类型以孔隙式为主，次为接触式。油组上部细砂岩中常见到少量负蛳，含量不超过 2%。砂岩粒间孔隙发育。单层厚度 1～10 米，多数 2～6 米，横向连通，砂层稳定。

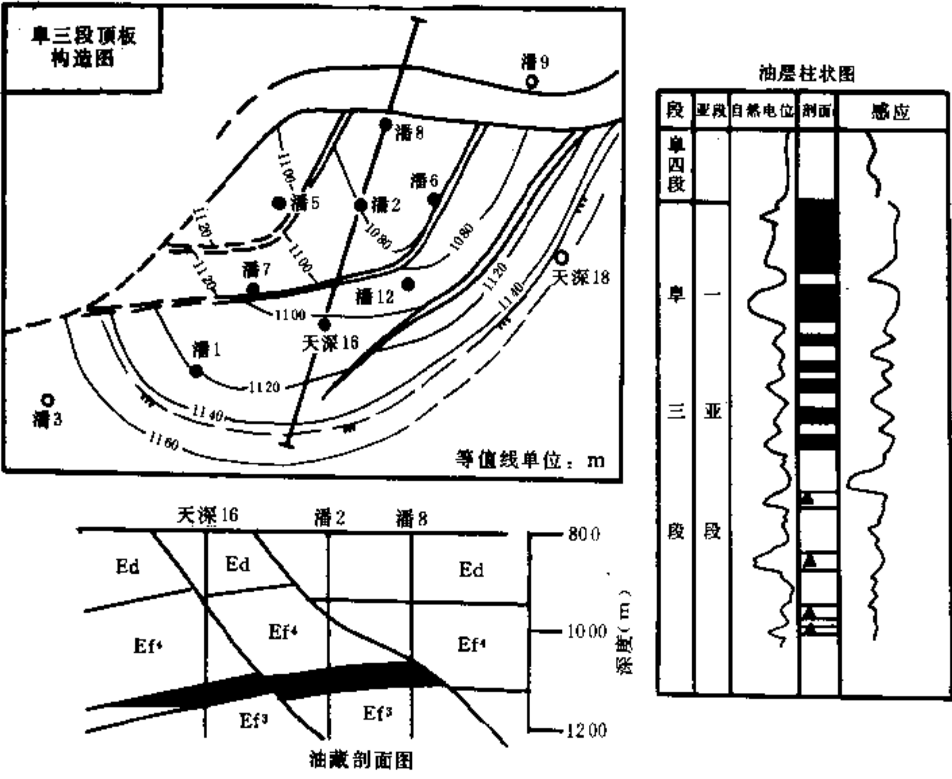



图 3–4–2　潘庄油田综合成果图

油层物性变化较大，主要影响因素是沉积条件，如潘 2 井第 1、2 主力油层属分流河道砂坝，孔隙度 18.7～33.49%，渗透率 $4.38～1741.66\times10^{-3}$ 二次方微米；天深 16 井相同层位油层为漫岸的粉砂岩（夹泥岩），孔隙度 14.75～27.51%，渗透率 $0.93～191.38\times10^{-3}$ 二次方微米，由此可见沉积条件对物性影响较大。其次是胶结物对物性的影响，如第 8～10 层砂岩为泥质胶结，孔隙度 18～29.6%；第 3～5 层为方解石、白云石胶结，孔隙度 12.8～28.5%。此外基底式胶结的砂岩，物性较差。另一方面，断层多，造成断鼻轴部构造张裂隙和斜交层面、近于平行层面裂隙较发育，又使砂岩渗透性变好。

据油层物性分析资料表明，孔隙度大多超过23%，渗透率从十几至几百个×$10^3$二次方微米不等，属大容量、高—中渗透性储集层。

阜三段顶部砂岩组以棕红色泥岩顶为界，将其划分为上下两个油组，总计10个含油层。上油层组厚30～53.5米，特点是砂岩层多，单层厚度一般较大（2～10米），含油一般较饱满，为油田主力油层组；下油层组砂岩层相对减少，单层厚度0.5～6米，含油饱和度较上油组低。本油田好的油层为上油层组的第1、2油层，尤以第二油层较佳。

**三、油气藏类型及流体性质**

潘庄油田属典型的断鼻、断块层状油藏，靠西Ⅳ断层下降盘阜四段泥岩有效地遮挡了阜三段顶部油层。在剖面上，临近西Ⅳ断层的构造高部位的油层厚度较大。油层压力系数0.98，属低压油藏。

原油密度为0.9404～0.9530，运动粘度927.5～1331mm²/s，凝固点7～15℃，含蜡量小于6%，含硫量0.75～1.11%（见表3-4-3）。与其他含油构造（除张铺断鼻构造外）的原油性质相比较，具有凝固点低、含蜡量低、密度和粘度大、含硫量偏高的特征，并具环烷基原油特征，这可能与原油遭生物降解作用，使原油受氧化所致。

油田水属弱碱性水，矿化度12.08～21.46g/l，由浅向深有增高趋势，$\frac{rNa^+}{rCl^-}$比值1.138～2.191水型为$NaHCO_3$型。

**四、开发简况**

自1978年发现潘庄油田后，在油田上打了一批评价井。目前油田上共有生产井8口，平均单井日产原油半吨左右，年采油量1000吨左右，已累计采出原油1万余吨。

由于原油具有高密度、大粘度的特性，单井日产量低。潘1井曾用注柴油措施对第1、2油层进行降粘，原油曾溢出井口，产量略有增加，增产效果不明显。天深18井对第1油层也曾进行过酸化处理，效果也不好。上述事实说明对稠油进行开采时，需要有针对性的完井方法和热采工艺，以降低地下原油的粘度，提高原油的产量。

**表3-4-3　潘庄油田原油分析成果表**

| 井号 | 层位 | 井深(m) | 密度(g/cm³) | 运动粘度(50℃)(mm²/s) | 凝固点(℃) | 含硫量(%) | 含蜡量(%) | 含水量(%) | 初馏点(℃) | 馏分% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 200℃ | 270℃ | 300℃ |
| 潘2 | $E_1f^3$ | 1081.4～1093.4 | 0.9458 | | 7 | 0.90 | | 2.55 | 120 | 3.14 | 11.35 | 18.80 |
| 潘2 | $E_1f^3$ | 1096.2～1101.7 | 0.9404 | | 8 | 0.98 | | 0 | 89.8 | 4.05 | 12.89 | 25.20 |
| 潘2 | $E_1f^4$ | 1105.2～1124.8 | 0.9465 | | 7 | 0.93 | | 14.39 | 108 | 3.79 | 14.67 | 34.08 |
| 潘5 | $E_1f^3$ | 1105.8～1116.0 | 0.9497 | 1037.4 | 14 | 1.11 | 5.66 | 0 | 134 | 1.82 | 8.50 | 17.13 |
| 潘5 | $E_1f^3$ | 1119.0～1124.4 | 0.9526 | 1214.0 | 15 | 0.92 | 5.35 | 0.02 | 136 | 1.88 | 8.50 | 21.94 |
| 潘6 | $E_1f^3$ | 1080.0～1097.2 | 0.9474 | 1331.0 | 15 | 0.75 | 1.80 | 14.4 | 118 | 1.38 | 5.70 | 14.38 |
| 天深16 | $E_1f^3$ | 1091.8～1137.4 | 0.9530 | | 13 | 1.08 | | 28.42 | 126 | 2.23 | 17.54 | 34.99 |

## 第三节 欧庄油田

欧庄油田位于天长县张铺乡欧庄西北，交通便利。欧庄断块是1980年安徽石油勘探公司通过地震工作发现的，1987年在构造高点上钻王20井，获得工业油流。到1988年底，已钻井6口，进尺11157米。共发现阜二段和阜三段五个含油层组，分属三个油藏，控制了含油面积和储量。

### 一、构造圈闭

欧庄断块与王龙庄断鼻在构造位置上属西Ⅲ断裂控制的构造圈闭，它是由北北东向的西Ⅲ支一断层与西Ⅲ断层相交而形成的三角形断块。按阜二段油层组顶构造图所示（图3-4-3），闭合面积1.5平方公里，闭合高度400米，高点埋深1550米。由于西Ⅲ断层的断距仍保持300～370米，使断层北侧的阜四段泥岩、阜三段中上部所夹泥岩分别与断层南侧欧庄断块上的阜三段中上部和阜二段砂岩相接，形成良好的遮挡条件。

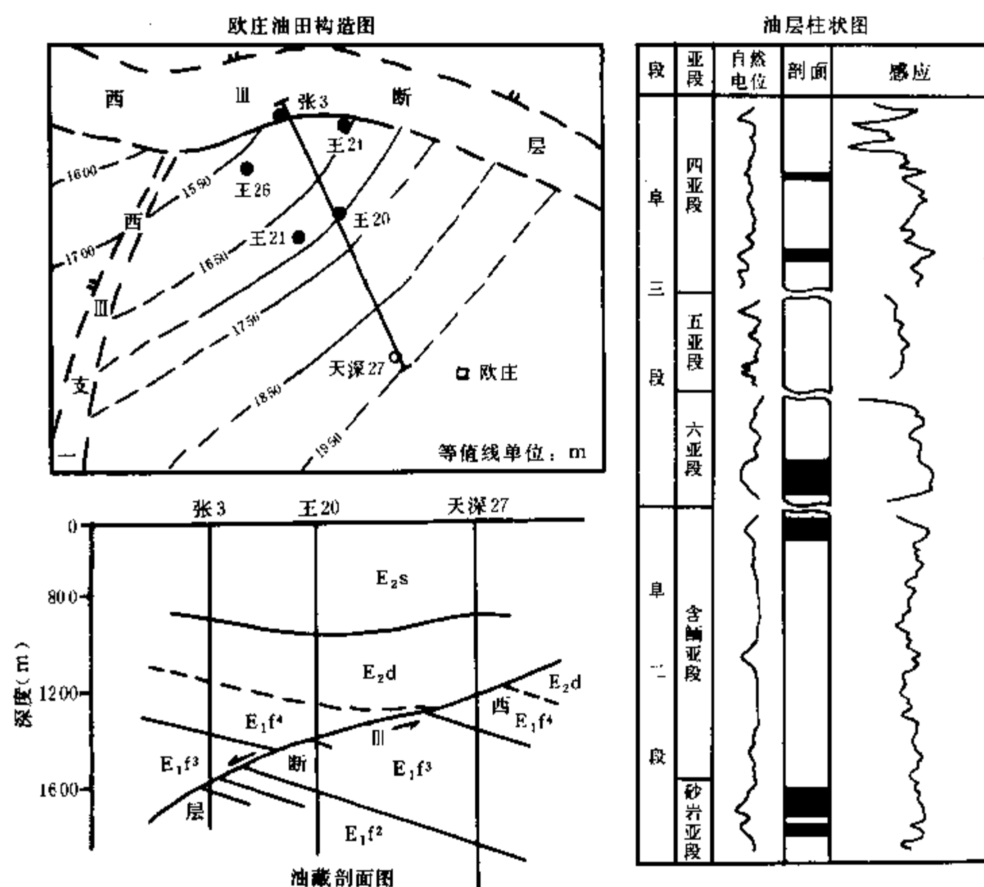



图3-4-3 欧庄油田综合成果图

### 二、储集层

为阜三段的细砂岩、粉砂岩；阜二段的粉砂岩、含鲕粒细砂岩和鲕粒灰岩。油层累计厚度40.2米，含油井段长317米。据薄片分析资料，阜三段砂岩储集空间多为粒间孔隙，分

布不均；阜二段砂岩和鲕灰岩除粒间孔隙外，还有溶蚀孔，其他情况与王龙庄油田储集层相同。阜三段砂岩孔隙度一般大于25%，阜二段砂岩、鲕灰岩孔隙度多数在20%以下，渗透率在0.21～40.62×$10^{-3}$二次方微米。表明阜三段砂岩为大容量储集层；阜二段为中容量、中低渗透性储集层。

**三、油气藏类型及流体性质**

欧庄油田属断块型层状油藏，与王龙庄油田西断块相似，也是多含油层组连片叠加的断块油藏。各油藏的北部边界随西Ⅲ断层向上延伸，自下向上有规律地南移，各油藏高点不相重叠。平面上，油藏呈狭窄的条带；纵向上，油藏剖面呈不规则刷状。以阜二段含鲕亚段油藏面积最大，油藏高度也最高。

原油性质见表3–4–4。欧庄油田各含油组原油的密度和运动粘度普遍较王龙庄油田相应层位的原油高，属中等密度、中等粘度、中等含蜡及中等含硫量的高凝原油。油田水性质：据王20井阜三段及王21井阜二段油田水分析资料，pH值均为8.11，总矿化度分别为17.10及23.55g／l，$\frac{rNa^+}{rCl^-}$分别为1.037及1.107，水型均为$NaHCO_3$型水。

**四、开发情况**

到1988年底，欧庄油田已有生产井5口，平均单井日产油量6方，1988年共采油2100余吨。

**表3–4–4　欧庄油田原油分析成果表**

| 井号 | 层位 | 井深(m) | 密度(g／cm³) | 运动粘度(50℃、mm²／s) | 凝固点(℃) | 含硫量(%) | 含蜡量(%) | 含水量(%) | 初馏点(℃) | 馏分% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 200℃ | 270℃ | 300℃ |
| 王20 | $E_1f^{3-Ⅳ}$ | 1425.6～1428.0 | 0.8945 | 91.03 | 33 | 0.64 | 17.0 | 6.2 | 120 | 6.2 | 11.8 | 15.6 |
| 王21 | $E_1f^{3-Ⅴ}$ | 1463.8～1468.8 | 0.8915 | 217.55 | 36 | | | 4.1 | 120 | 5.4 | | 28.5 |
| 王21 | $E_1f^2$–1 | 1689.6～1701.2 | 0.8960 | 239.5 | 35 | 0.72 | | 11.4 | 150 | 3.2 | 9.2 | 15.4 |
| 王21 | $E_1f^2$–2 | 1739.0～1743.0 | 0.8995 | 160.8 | | | 5.95 | 1.9 | 120 | 6.3 | 13.4 | 17.7 |
| 张3 | $E_1f^2$–1 | 1621.6～1636.8 | 0.8965 | 85.27 | 35 | 0.79 | 6.42 | 3.13 | 114 | 6.6 | 13.0 | 18.7 |

## 第四节　陈家营含油断鼻

陈家营断鼻位于泥沛—张铺鼻状构造带北部，北依西$Ⅲ_2$断层，轴向北北西，呈长蚌形，两翼近对称，闭合面积约1平方公里，闭合高度大于200米（图3–4–4）。

1976年石油工业部地球物理勘探局通过地震工作发现了陈家营断鼻，它与王龙庄断鼻相似，是当时天长地区为数不多的较落实的圈闭。1981年安徽石油勘探公司在断鼻上钻天深28井，在阜三段和阜二段获工业油流。该构造先后共钻井4口，进尺6982米，发现了阜三段2个油层组和阜二段1个油层组，初步控制了含油面积和储量，目前尚未进行开采。

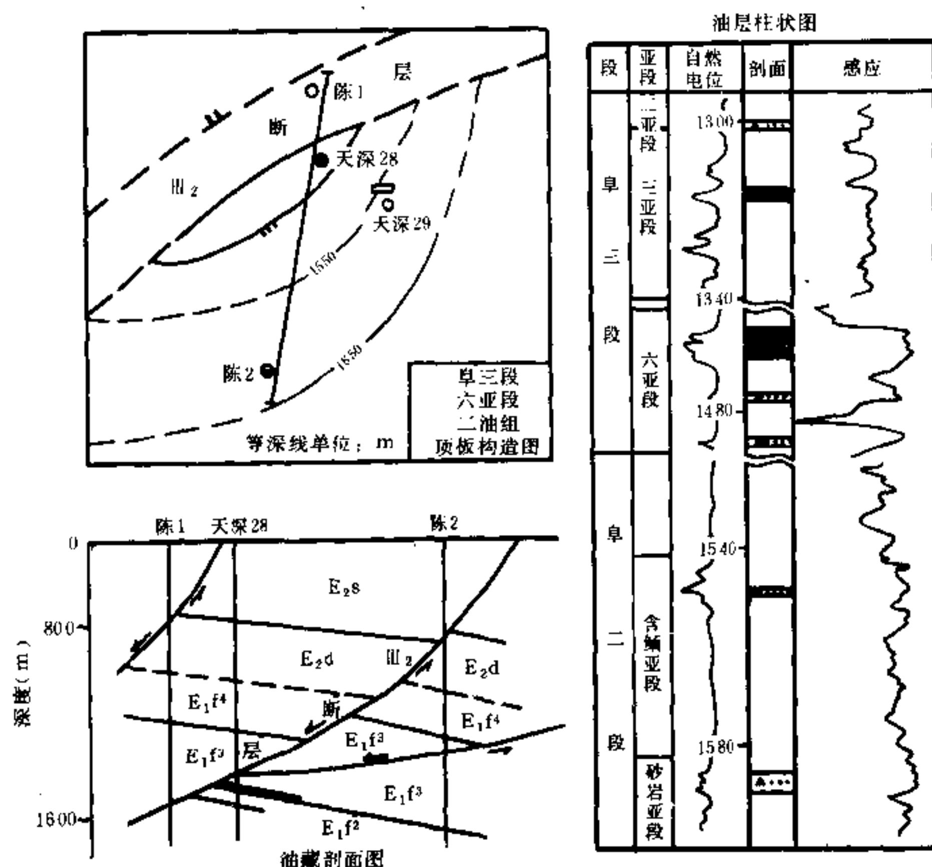



图 3–4–4　陈家营含油断鼻综合成果图

阜三段储集层属于三角洲前缘河口坝砂体及分流河道砂体。阜二段储集层属岸外浅滩相生物鲕粒滩、砂滩。阜三段储集层为灰—浅棕色细砂岩和少量粉砂岩，岩性疏松至较致密，由于灰质、泥质胶结物含量不均，致使孔隙度及渗透率变化较大，电测解释孔隙度为 11.7～24.6%，岩芯分析孔隙度为 16.25～23.88%，渗透率为 $2.87～73.9\times10^{-3}$ 二次方微米（一般在 $50\times10^{-3}$ 二次方微米），砂岩储油物性的变化使含油程度不均一。阜二段储集层为棕黄色细砂岩、灰黄色鲕粒灰岩，岩芯分析孔隙度为 16.91%～20.90%，渗透率为 $17.59～104.31\times10^{-3}$ 二次方微米。

陈家营含油断鼻被北倾的西Ⅲ₂断层切割，因西Ⅲ₂断层的断距适中，使断层北侧的阜四段泥岩有效地遮挡住断层南侧陈家营断鼻阜二、三段多套储集层，形成了多含油层位连片叠加的油藏，它的发现表明了王龙庄式油藏模式，在天长地区具有普遍的意义。

陈家营含油断鼻原油性质见表 3–4–5。

**表 3–4–5　陈家营含油断鼻原油分析成果表**

| 井号 | 层位 | 密度 $(g/cm^3)$ | 运动粘度 50℃ $(mm^2/s)$ | 凝固点(℃) | 含硫量(%) | 含蜡量(%) | 含水量(%) | 初馏点(℃) | 馏分% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 200℃ | 270℃ | 300℃ |
| 陈 2 | $E_1f^{3-Ⅲ}$ | 0.9431 | 2987.0 | 24 | 0.8 | 8.3 | 22.0 | 185 | 0.1 | 8.6 | 14.9 |
| 天深 28 | $E_1f^{3-Ⅵ}$ | 0.9097 | 242 | 42 | 0.68 | 15.5 | 3.4 | 178 | 0.51 | 2.5 | 8.51 |
| 天深 28 | $E_1f^{2-Ⅲ}$ | 0.9177 | 672 | 43 | 1.31 | 21.6 | 22.3 | 158 | 0.38 | 2.19 | 7.38 |

从上表中可以看出原油质量虽属中等，但不如王龙庄油田相当层位原油的质量好。

阜二段油田水属 $NaHCO_3$ 水型，pH＝8.7，矿化度为 9.75 克／升。

## 第五节　张铺含油断鼻

张铺断鼻处于汶涧次凹泥沛—张铺鼻状构造带与西Ⅲ断层相交处，它的东侧为欧庄断块，两者以西Ⅲ支一断层相隔（图 3-4-5）。该断鼻是 1975 年石油工业部地球物理勘探局发现的。1977 年安徽石油勘探公司在构造上钻天深 9 井，于阜三段获工业油流。该构造先后打井 5 口，进尺 8674 米，发现阜三段第一亚段和第五亚段两个油层组，初步控制一块含油面积和储量。

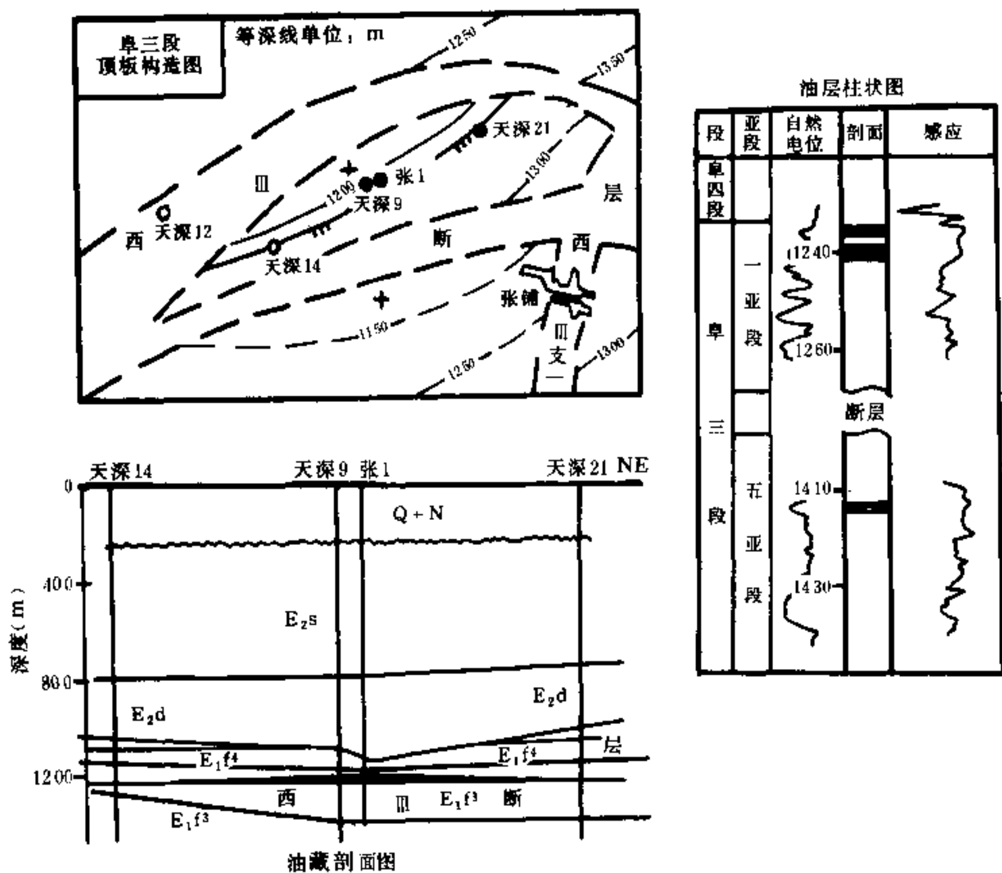



图 3-4-5　张铺含油断鼻综合成果图

张铺断鼻是西Ⅲ断层上升盘一侧幅度较大的鼻状构造，由于西Ⅲ断层的分叉，将断鼻切割成南北两块，目前所探明的阜三段第一亚段油藏位于北断块。按阜三段顶板（即 $T_3^1$ 层）构造形态，张铺断鼻轴向近南北，两翼对称，呈长蚌形，闭合面积 1.8 平方公里，闭合高度大于 200 米。该油藏也是由于西Ⅲ断层断距在 200 米左右，致使断层下降盘阜四段泥岩能有效地遮挡着上升盘一侧阜三段顶部的砂岩而形成封闭。

阜三砂岩储集层为三角洲平原相分流河道砂坝（阜三一亚段）和河道边滩沉积（阜三、五亚段），前者岩性为粉、细砂岩，石英具次生加大和颗粒边缘被溶蚀的现象，长石普遍遭

风化，胶结物为方解石和泥质，以方解石胶结物为主，胶结物含量 15～45%，一般 20～25%左右，胶结类型以孔隙式和接触式为主，次为基底式，常见有粒间孔，成岩后生作用主要表现在石英被溶蚀和方解石交代了部分石英。后者岩性为细砂岩，也见石英颗粒边缘被方解石交代现象，胶结物以方解石为主，含量 20%左右，阜三段砂岩的储油物性根据张 1 井阜三段一亚段 34 块物性分析资料，孔隙度为 12.30～30.55%，一般大于 22%，渗透率为 $0.16 \sim 1334.78 \times 10^{-3}$ 二次方微米，一般为 45～几百 $\times 10^{-3}$ 二次方微米，根据薄片与储油物性资料对比分析，凡孔、渗性好的，胶结物含量一般小于 20%，为孔隙式胶结，具有较发育的粒间孔隙；反之，胶结物含量多大于 30%，多为基底式胶结。综上所述，阜三段一亚段储集层为大容量，中—中高渗透性的储集层，略逊于潘庄油田的储集层。

张铺含油断鼻的油藏类型与潘庄油田相似，均为低压层状油藏，唯构造幅度比潘庄小，油藏高度也小，成窄长条带状分布。

原油性质见表 3–4–6。从表中可以看到张铺含油断鼻原油具高密度、高粘度、中含硫、低含蜡、中—高凝固点的性质，与潘庄油田原油性质相似。油田水均属 $NaHCO_3$ 水型，pH 值都大于 7 为弱碱性，矿化度阜三一亚段为 14.10～15.60 克／升，阜二五亚段为 16.84～22.62 克／升。

表 3–4–6　张铺含油断鼻原油分析成果表

| 井号 | 层位 | 井深 (m) | 密度 (g／cm³) | 运动粘度 50℃ (mm²／s) | 凝固点 (℃) | 含硫量 (%) | 含蜡量 (%) | 含水量 (%) | 初馏点 (℃) | 馏分% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 200℃ | 270℃ | 300℃ |
| 天深 9 | $E_1f^{3-I}$ | 1225.8～1235.0 | 0.9459 | 1167.3 | 29 | 0.96 | 8.66 | 32.4 | 143 | 0.79 | 4.19 | 12.58 |
| 张 1 | $E_1f^{3-I}$ | 1211.2～1221.8 | 0.9367 | 797 | 33 | 1.02 | 7.51 | 0.1 | 151.5 | 1.88 | 5.19 | 12.50 |
| 天深 21 | $E_1f^{3-V}$ | 1412.0～1414.5 | 0.9071 | 72.4 | 36.5 | | | 39 | 128 | 1.80 | 15.10 | 32.70 |

## 第六节　乔田含油断鼻

乔田断鼻位于铜城—夏家营断鼻带中段，西临铜城断层，北依东一断层。据钻井资料绘制的阜一段顶板构造图（图 3–4–6），轴向近南北，东翼倾角 21°，西翼倾角 11°，闭合面积 4.1 平方公里，闭合高度大于 400 米。东一断层为一犁式反向正断层，剖面上呈上下陡（40°～60°），中部缓（20°左右），由于断层向上分叉，形如帚状，致使断层下降盘阜四段泥岩节节下落，与阜宁组不同层位的储集层相接触，成为封闭良好的断鼻。

乔田断鼻是 1975 年石油工业部地球物理勘探局发现的，次年安徽石油勘探公司在构造高部位钻天深 6 井，该井于戴南组下段、阜二段和阜一段见多层油斑—油浸砂岩，含油井段长达 387 米。其中钻开阜一段 2112.8～2126.4 米井段时，泥浆槽面见大量原油，射开该层段，原油初产量为 25.5 方／日，无水。总计在构造上共钻井 5 口，进尺 12254 米，共发现阜二段和阜一段两组油层。

本构造的储集层有阜宁组阜一、二段中夹的辉绿岩和阜二段岸外浅滩砂体、阜一段湖流河道砂体。辉绿岩为裂隙储油，碳酸盐化现象普遍，局部蛇纹石化和伊丁石化；砂岩多数为

细砂岩，少数粉砂岩，胶结物以灰质为主，次为铁质、硅质、泥质，胶结物含量 10~20%，胶结类型多为接触式，次为孔隙式。由于铜城断层和东一断层长期活动，砂岩储集层的成岩后生作用很强烈且普遍，石英颗粒不均匀次生加大，有的石英被溶蚀呈不规则边缘，后又被方解石交代，粘土质绢云母化，粘土质和硅质重结晶，以及方解石沉淀交代了硅质和碎屑。这些现象严重地堵塞了有效孔隙，使孔隙度和渗透率减小。据统计，阜二段砂岩孔隙度为 8.79%~13.2%，渗透率 $0.62\sim0.67\times10^{-3}$ 二次方微米，阜一段砂岩分别为 5.67~12.05%和 $0.04\sim33.20\times10^{-3}$ 二次方微米。但是由于天深 6 井紧靠着东一断层，油层取芯见到发育的斜交层面的裂隙，裂隙宽 0.3~1 厘米，这在很大程度上改善了储集层物性，因此，岩芯含油饱和度很高。

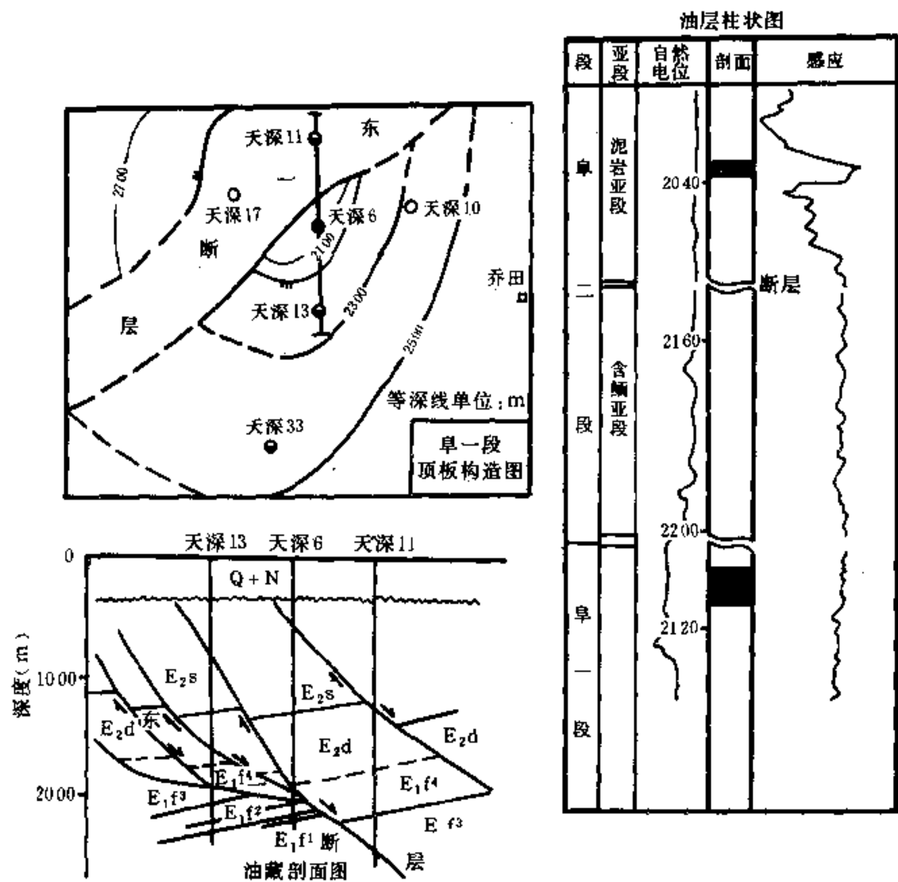



图 3-4-6　乔田含油断鼻综合成果图

乔田含油断鼻的油藏类型为裂隙型断鼻层状油藏。它的特点：一是油层压力较大，天深 6 井测得井深 2108.4~2126.4 米井段的油层压力为 21.98~23.13MPa，压力系数大于 1，二是油层能量较高，由于裂隙发育使得油层连通性变好，加上原油中溶解有一定数量的天然气，天深 6 井在试采初期能间歇自喷。以上特点与天长地区西部的王龙庄、潘庄油田有所不同。

本构造原油性质见表 3-4-7，其原油性质应属中等密度、中等含蜡及含硫、高凝点的原油。油田水分析，pH 值为 8.1~8.6，矿化度 11.0~15.66 克／升，为 $NaHCO_3$ 水型。

天深 6 井是乔田含油断鼻的工业油流井，该井自 1977 年试采以来，共计产油近万吨，

平均日产油 3.5 吨，产油量无明显下降趋势，它从一个侧面证明龙岗次凹和铜城—夏家营断鼻带是具有广阔勘探前景的有利地区。

表 3-4-7　乔田含油断鼻原油分析成果表

| 井号 | 层位 | 井深 (m) | 密度 (g/cm²) | 运动粘度 50℃ (mm²/s) | 凝固点 (℃) | 含硫量 (%) | 含蜡量 (%) | 含水量 (%) | 初馏点 (℃) | 馏分(%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 200℃ | 270℃ | 300℃ |
| 天深 13 | $E_1f^2$ | 2162.4～2197.8 | 0.8567 | 35.9 | 36 | | | 2 | 111 | 10.4 | 21.7 | 41.4 |
| 天深 6 | $E_1f^1$ | 2108.4～2126.4 | 0.8730 | 21.8 | 36.5 | | | 4.95 | 109 | 11.0 | 16.3 | 22.0 |
| 天深 6 | $E_1f^1$ | 2108.4～2126.4 | 0.8842 | 23.22 | 35 | 0.88 | 17.56 | 17.8 | 80 | 11 | 7.1 | |
| 天深 6 | $E_1f^1$ | 2108.4～2126.4 | 0.8706 | 23.36 | 35.1 | 0.85 | 18.90 | | 103 | | | |

## 第七节　吴庄含油断鼻

吴庄断鼻位于铜城—夏家营断鼻带的南部，西侧有铜城断层，北侧有东一断层，呈蚌形，两翼不对称，闭合面积 2.5 平方公里，闭合高度大于 200 米（图 3-4-7）。

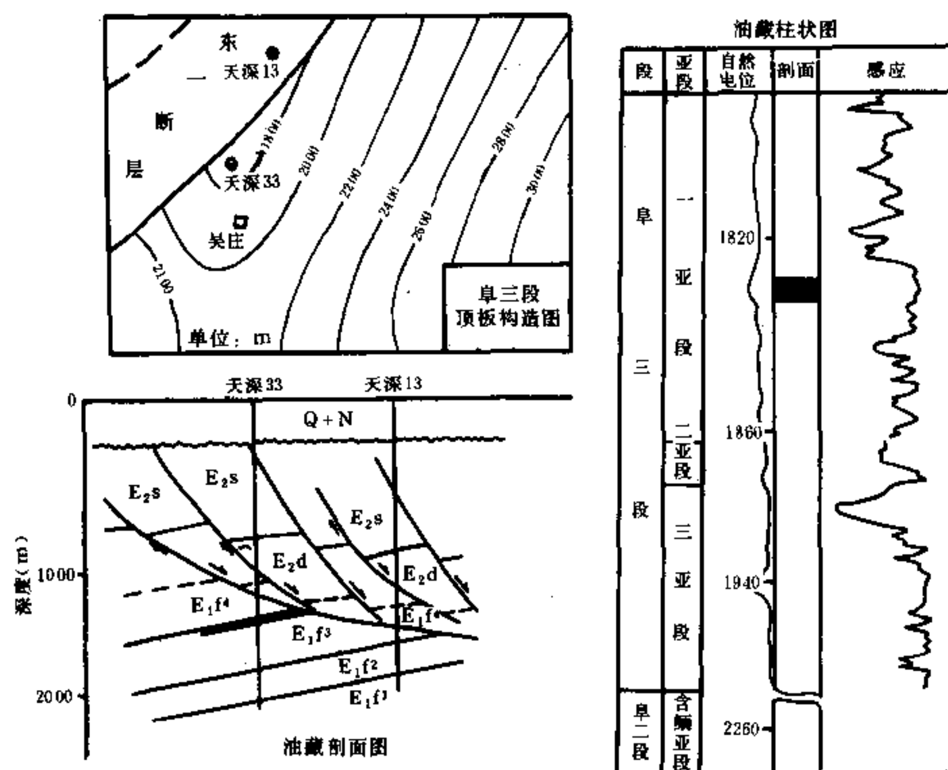



图 3-4-7　吴庄含油断鼻综合成果图

该构造是由安徽石油勘探公司 1983 年发现的。1986 年 10 月，该公司在断鼻高部位钻

天深 33 井，在阜三段和阜二段分别见油斑、油浸砂岩。经测试，阜三段第一亚段获低产油流。由于该井在钻开油层时，泥浆比重较大，加上油层浸泡的时间较长，致使油层受到较明显的污染，经过连续测试，现已达到工业产量，无水。目前在构造上只完成一口探井，进尺 2592.80 米，完成一个试油层位。

阜三段储集层为粉、细砂岩，钙质胶结，胶结物含量一般在 20%以上，岩性较致密。电测解释孔隙度为 14%～21.7%。由于断鼻临近铜城断层，因该断层长期活动和基性火成岩侵入，砂岩中的石英颗粒有溶蚀和方解石交代现象。

吴庄含油断鼻为低压层状断鼻型油藏，其原油密度为 0.8735，运动粘度 $23.065\times10^{-3}$ 二次方微米，凝点+38℃，含蜡量 11.03%，含硫量 0.8%，含水 1.4%。初馏点 110℃。馏分：200℃时为 11.2%，270℃时为 19.7%，300℃时为 24.2%、为天长地区质量较好的原油。

从天深 33 井阜三段油层受到严重污染后仍能试出油流和阜二段含鲕亚段见到油斑显示分析，吴庄含油断鼻很可能成为一个多含油层位叠加连片的断鼻型油藏。应当指出它与其北侧的乔田含油断鼻的关系尚未搞清，很可能属于同一断鼻，因此，吴庄含油断鼻的勘探前景是乐观的。

# 第五章　长江沿岸第四纪浅层天然气

长江中、下游自湖北到上海，沿长江两岸及其支流、湖泊附近许多地方，第四纪冲积层中，普遍含有丰富的可燃天然气体，并早为沿江一带人民所利用。数十年前他们就称这些气苗为“龙眼”、“海眼”、“气泡盪子”或“沫浪子”，并用来烧骨粉、硫磺和照明、煮饭。1958年前后，翁文波先生在研究了长江中、下游气苗后，著文称之为“长江式气苗”，引起了地质界的普遍重视。

自1958年下半年开始，安徽长江两岸第四纪天然气的调查工作在繁昌三山地区开展起来。安徽省科学研究所、石油工业部华北石油勘探处、石油工业部北京石油科学研究院均先后派出工作组来这里进行短期的调查研究工作。

1958年11月安徽省地质局石油大队组织了工作组在繁昌三山地区进行了勘探，其后并在沿江两岸进行了气苗调查，于1959年底完成了“安徽省长江两岸天然气调查及繁昌三山浅层天然气勘探报告”。

1960年安徽省地质局石油大队继续在长江两岸安庆、无为等地区开展了天然气普查勘探工作，年底完成有“安徽省长江两岸浅层天然气普查勘探1960年工作报告”。

1961年，浅层天然气普查工作进一步在安徽省长江两岸展开，安徽省地质局328地质队年底完成有安庆地区及无为地区浅层天然气地质普查报告各1份，马鞍山—安庆段第四系地质及气苗调查报告1份。1962年2月，安徽省地质局328地质队，对三年来我省长江两岸浅层天然气普查勘探工作进行了综合性总结和评价，提交普查评价报告1份。自此，此项工作即暂告一段落。

历年共计完成的工作量见表3-5-1。

**表3-5-1　安徽省长江沿岸历年浅层天然气普查勘探工作量统计表**

| 气苗调查 | | 1／20万第四系地质填图 | | 普查钻探 | | | 样品采集数 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 面积 ($km^2$) | 路线长 (km) | 面积 ($km^2$) | 路线长 (km) | 面积 ($km^2$) | 孔数 (口) | 进尺 (m) | 气 (瓶) | 土 (个) | 水 (瓶) |
| 720 | 360 | 6183 | 3150 | 1367 | 2177 | 30565 | 46 | 1658 | 74 |

本文主要根据328地质队编写的《安徽省长江沿岸浅层天然气地质普查评价报告》，并参考其它报告编写而成。

## 第一节　气苗的分布规律

普查结果，在安徽省长江沿岸共发现气苗3496处。可大体归并为四大气苗群。

(1) 繁昌县三山、无为县汤家沟一带　此区包括三山的保定圩、小洲、天保圩、小水

影、龙窝、螃蟹矶一带及无为大田、二坝、汤沟、三官殿、六洲等处以及无为太白洲、五洲、黑砂洲、铜陵背坝和繁昌荻港等地。气苗密集成群，大面积出露，数量多达千处以上，气量比较大，为显示最好的地区。

(2) 安庆大渡口、皖河一带　包括安庆西的皖河口及怀宁的官洲、海口洲、七里亭及大渡口一带，此带气苗多出露江边、漫滩、河口及砂洲等处，达数百处之多。

(3) 和县、采石镇一带　包括和县姥桥、金河口、章河口、新河口及马鞍山采石镇附近江滩、河口等处，气苗较上二处为少。

(4) 望江华阳及宿松复兴一带　沿华阳河、华阳沟、桃树滩及金家濠一带，气苗断续出露，呈长条状分布。

除上述地区外，沿江两岸其它地区亦断续零星分布着一些气苗。历年来工作证实，长江沿岸气苗的出露在第四纪全新世的河流冲积层、湖泊及河流淤积层中，分布在漫滩、河曲、砂洲末端、河口及近于淤塞的河湖地带，而水流畅通的大河流、湖泊或较老的更新世沉积物中，皆未发现气体显示。

## 第二节　浅气藏埋藏状态分布规律及其类型

浅气藏广布于第四系全新统上部，且受其岩性及岩相的控制。

全新统多呈带状分布在沿江地区，尤以大面积分布在河曲及其支流部分。厚度一般愈近江边愈厚，愈向下游则厚度增大。在安庆大渡口一带总厚约 45 米，向东至无为汤沟一带增为 50 米左右，其岩性见图 3-5-1。

| 层位 | 剖面 | 厚度（m） | 岩　性 | 含气情况 |
|---|---|---|---|---|
| 第四系全新统 | | 0～6 | 棕黄色砂质粘土 | 偶见气显示 |
| | | 14～20<br>个别地区达±49 | 青灰、灰黑、灰绿色砂质粘土，粘土与砂层互层，砂层呈透镜状分布，有的地区夹薄层泥炭 | 主要含气层 |
| | | ±20 | 灰白色细－粗砂层 | |
| | | >2 | 灰白色石英砾石层 | |

图 3-5-1　安徽省沿江第四系全新统地层柱状剖面图

全新统地层岩性下粗上细，横向变化很大，往往相邻仅 100 米的两孔，岩性截然不同。全新统气层埋藏均较浅，一般多分布在 6～26 米深度。30 米以下及 6 米以上虽偶有气显示，一般无利用价值。储气层呈透镜体或扁豆状分布在粘土层内，单个气藏面积较小，长 300～500 米，宽 100～200 米，长轴平行江边。一般彼此孤立分布，有时首尾相连。气层具

多层性，交叠出现。发现有四种类型储气层。

(1) 透镜体砂储气层　一般有底水，且较活跃。气层有效厚度一般1～2米。气藏面积不大，长轴延伸不到500米，短轴仅100～200米。气层压力较大，一般0.05～0.15兆帕。

(2) 粘土质砂储气层　底水不活跃或没有底水，厚1米左右。气藏面积较大，长轴可达1000米左右，短轴400米左右。气层压力一般0.03～0.05兆帕。

(3) 含砂粘土与薄砂层互层储气层　一般呈扁豆体状分布，厚约3米，但砂层单层厚仅0.2～0.3米，有底水，不活跃。气层有效厚度0.6～1米。气藏长轴一般500米，短轴约200米。气层压力一般为0.04兆帕，大者可达0.1兆帕。

(4) 砂质粘土夹砂条储气层　由无数1～3毫米厚的薄粘土层组成，呈“千层饼”状，层面富集粉砂及云母碎片，呈条带状。天然气就聚集在这些砂条内。底水少或没有底水。整个储气层系厚约1～6米，气层有效厚度不易估算。气藏面积各地不一，长轴一般500米，短轴不超过200米。气量一般不大，气层压力0.05～0.1兆帕。

盖层按岩性可分为含砂粘土盖气层与砂质粘土盖气层两种。前者一般质软，具可塑性，渗透性较差，盖气性能较好；后者较差。盖层按产状可分为：

(1) 单层盖气层　即由厚度较大且横向变化不太大的粘土层所组成。

(2) 复层盖气层　即盖气层（粘土）与储气层（薄砂层）互层。

(3) 千层饼状盖气层　即粘土薄层与砂条交叠。由于粘土层薄，盖气严密性不如前两种，不易聚集大量天然气。

## 第三节　天然气的产量和驱动类型

气井的产量与许多因素有关，首先与压力有关。根据少量气井系统测试资料，仅提供了平均关井压力（基本上可代替原始地层压力）和生产时的井底压力资料。长江两岸浅层天然气藏平均关井压力变化在0.03～0.08兆帕之间，最高可达0.15兆帕。流压一般控制在不低于关井压力的三分之一至二分之一，即0.03～0.05兆帕。

气井产量，一般在刚打开气层时，产量较高，生产几天后，产量急剧下降，并稳定在一定水平上。如繁昌三山地区气井的初产量可达150～1700立方米／日，生产几天后，压力、产量很快下降，并稳在80～100立方米／日左右。无为地区气井关井最大压力可达0.15兆帕，产量最大可达450立方米／日。但一般气井关井压力仅0.04～0.1兆帕，一般产量50～100立方米／日。无为六洲姚场的$22_{11}$孔，1960年11月至1961年3月间，生产比较正常，压力保持在0.13～0.15兆帕之间，产量150～400立方米／日。

繁昌三山保5孔，原始地层压力0.11兆帕，产量最高时可达489立方米／日，如果井底流动压力控制在0.03～0.04兆帕，产量可稳定在80～100立方米／日。安庆大渡口安生8孔，关井压力0.09兆帕，无阻流量大于100立方米／日，而合理产量仅18～24立方米／日。繁昌三山保4孔，135天连续观察中，当井底不洁时（有泥堵或砂堵），流压仅0.01～0.02兆帕，产量保持在28～40立方米／日；冲洗井后，井筒洁净，气流畅通，压力变化在0.04～0.08兆帕，最高0.15兆帕，而产量相应地保持在44～207立方米／日。

浅气藏大致存在两种驱动类型：

(1) 气体弹性驱动　其特征是采气过程中底水很少，近于干层，有时虽有边水，但不活跃。采气初期产量大，压力高，随着累积采气量的增加，压力及产量显著下降。以繁昌三山

保5孔为例，开采仅43天，压力由0.11兆帕降至0.05兆帕。此类气藏储集层多属砂质粘土与薄砂层互层。

(2) 水气混合驱动　此类气藏刚打开时，压力及产量均较大，水少，随着采气过程的延续，水、气比逐渐增加，但压力及产量的下降较前者缓慢。此类气藏储集层多属凸镜体砂层，如无为六洲的$22_{11}$孔气藏及繁昌三山之小2孔气藏。

## 第四节　浅层天然气成因探讨

比较倾向性的意见认为长江两岸浅层天然气是第四纪全新世沉积物的原生产物，但也有部分同志曾经认为"长江式气苗"可能来自老地层。后者的主要论据如下。

①长江流域石炭、二叠纪等地层广泛具有区域性的油气显示，很多气苗附近常有老地层出露，说明气苗来源与老地层有着密切关系。

②沿江南古陆的北缘有断裂存在，使长江沿断层方向前进，这些断层也是地下天然气上升的通道。"长江式气苗"既是沿长江分布，其来源可能与这些大断裂的存在有关。

③浅层天然气组份中含有重烃（乙烷以上），个别样品并有氦，而人工和天然沼气都不含乙烷以上的重烃。

④有的气苗很大，长年不息，第四纪地层中少有这样的气量。

而不同的意见是：

①根据收集到的浅层天然气分析资料（表3−5−2），气体成分以甲烷为主（74.2%～95.65%），含少量重烃（0～1.72%）。其它如氢、二氧化碳、硫化氢、氦等成分的含量均没有特别的地方。从总体来说，这样类型成分的气体，正是生油层在生物化学生气阶段生成的气体产物的特征。例如，普查队曾在繁昌三山淤泥矿中取得三个沼气样品，分析结果见表3−5−3，甲烷含量65.86～85.25%，亦含有0～0.46%的重烃，与上述浅层天然气很接近。此外，根据江苏石油普查大队收集的在常温、常压下对食物残渣和畜粪及植物茎叶在发酵池中（数十次试验）生成的气体分析资料（见表3−5−4、3−5−5），也表明可以生成少量重烃气体（0～2.4%）。

在少数几个浅层天然气样品中含有0.2～0.4%的氦气，而大多数样品中没有发现，尚待进一步证实。

江苏省地质局石油普查大队的同志们曾作过一次有意义的试验，他们将钻孔中取出的含气泥砂，在封闭条件下，放置一个月，就产生了烃类气体，并将其组分与原孔中所取天然气组分进行了比较（见表3−5−6）。

②从含气岩系（全新统上部）的岩性来看，均为一套黑色、褐灰、青灰色的砂质粘土及砂土和腐植泥层，其中除含有丰富的螺蚌外，尚含有多量的植物碎片及木质素，在有的钻井剖面中还发现有厚层泥炭层，有时可多至三层，这些地层的岩石地球化学分析结果见表3−5−7。

从还原系数得知，这套沉积是在弱还原环境下形成。地层中有机碳含量比较丰富，最高可达2%，而泥炭层则高达90%，平均值也达0.24～0.52%，为烃类气体的生成提供了有利的物质基础。

**表 3-5-2　安徽省长江两岸浅层天然气样分析成果表**

| 序号 | 采样地点 | 气体组分（体积%） | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $CH_4$ | $C_nH_{2n+2}$ $n\geqslant 2$ | $N_2$ | $O_2$ | $H_2$ | $CO_2+H_2S$ | He | $NH_3$ |
| 1 | 繁昌三山天圩杨家套 | 93.51 | 1.72 | 1.84 | 0.11 | | 2.64 | 0.18 | |
| 2 | 繁昌三山小圩旭 | 92.32 | 1.7 | 4.9 | 0.4 | | 0.5 | 0.18 | |
| 3 | 繁昌三山保定乡 | 93.7 | 0.75 | 2.61 | 0.1 | | 2.43 | 0.41 | |
| 4 | 繁昌三山保定鸭棚嘴 | 92.93 | 1.3 | 4.46 | 0.2 | | 0.9 | 0.21 | |
| 5 | 繁昌三山保生 17 井 | 94.82 | 0.43 | 2.37 | 0.2 | 0.26 | 1.92 | | |
| 6 | 繁昌三山保生 50-1 井 | 95.34 | 0.36 | 1.75 | 0.2 | 0.15 | 2.0 | | 0.2 |
| 7 | 繁昌三山保生 4 井 | 94.28 | 0.69 | 1.07 | 0.1 | 0.14 | 2.71 | | |
| 8 | 繁昌三山保生 35 井 | 94.65 | 0.71 | 1.66 | 0.2 | 0.18 | 2.6 | | |
| 9 | 繁昌三山保生 21 井 | 94.52 | 0.43 | 2.93 | 0.22 | 0.1 | 1.7 | | 0.1 |
| 10 | 和县雍家镇气苗 | 89.16 | 0.3 | 5.47 | 1.25 | 0.06 | 3.55 | | 0.21 |
| 11 | 和县西梁山铁厂东南小河 | 94.56 | 0.08 | 2.05 | 0.60 | 0.06 | 2.71 | | |
| 12 | 和县西梁山气苗 | 94.52 | 0.08 | 2.05 | 0.60 | 0.06 | 2.70 | | 0 |
| 13 | 无为小江坝坝边气苗 | 95.65 | 0.19 | 1.95 | 0.3 | 0 | 1.91 | | 0 |
| 14 | 无为汤沟 $22_{11}$ 孔 | 92.25 | 0.86 | 4.61 | 0.53 | 0.15 | 1.39 | | 0.27 |
| 15 | 无为莲花渣气苗 | 2.03 | 0.54 | 91.95 | 2.73 | 0.02 | 2.73 | | 0 |
| 16 | 无为六洲镇东 | 93.89 | 0.21 | 2.51 | 0.80 | 0.08 | 2.51 | | |
| 17 | 无为黑砂洲东大滩 | 74.2 | 0.31 | 20.0 | 1.0 | | 4.4 | | |
| 18 | 华阳 520 孔 | 83.32 | 0.51 | 8.91 | 0.7 | 0.06 | 6.51 | | 0 |
| 19 | 望江华阳镇东南江边 | 93.44 | 0.11 | 1.64 | | 0.2 | 4.8 | | |
| 20 | 安庆安 5-2 孔 | 89.05 | 0.52 | 2.45 | 0.2 | 0.05 | 7.43 | | 0 |
| 21 | 安庆西南江边 | 75.66 | 0.05 | 19.05 | 4.4 | 0.05 | 0.8 | | |
| 22 | 宿松泗洲山社气苗 | 91.92 | 0.5 | 2.89 | 0.51 | 0.08 | 4.1 | | 0 |
| 23 | 枞阳江心洲气苗 | 79.96 | 0 | 16.29 | 0.3 | 0.03 | 3.4 | | 0 |
| 24 | 枞阳木桃洲 | 89.15 | 0.01 | 7.33 | 1.5 | | 1.9 | | |
| 25 | 铜陵胥坝气苗 | 82.57 | 0.16 | 8.51 | 2.9 | 0.03 | 1.5 | | |
| 26 | 铜陵胥坝气苗 | 82.57 | 0.16 | 11.86 | 3.9 | 0.01 | 1.5 | | 0 |
| 27 | 铜陵胥坝 | 86.85 | 0.21 | 1.11 | 4.41 | 0.04 | 1.4 | | |

**表 3-5-3 繁昌三山淤泥矿沼气样分析成果表**

| 序号 | | 气体组分(%) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $CH_4$ | $C_nH_{2n+2}$ $n \geqslant 2$ | $N_2$ | $O_2$ | $H_2+He$ | $CO_2+H_2S$ | $NH_3$ |
| 1 | 繁昌三山公路南小河 | 85.25 | 0 | 6.3 | 0.9 | 0.04 | 3.51 | 0 |
| 2 | 繁昌保定午龙河 | 70.42 | 0.46 | 22.25 | 6.2 | 0.07 | 0.6 | 0 |
| 3 | 繁昌保定小池矿 | 65.86 | 0.46 | 5.25 | 0.2 | 0.02 | 28.11 | 0.1 |

**表 3-5-4 酿制品糟粕发酵生成的气体分析成果表**

| 序号 | | 气体组分(%) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $CH_4$ | $C_nH_{2n+2}$ $n \geqslant 2$ | $N_2$ | $O_2$ | $CO_2$ | $H_2$ |
| 1 | 最 高 值 | 64.27 | 0.53 | 0.86 | 0.2 | 33.81 | 0.24 |
| 2 | 最 低 值 | 69.91 | 0.27 | 14.16 | 0.1 | 15.4 | 0.16 |
| 3 | 平 均 值 | 67.09 | 0.40 | 7.51 | 0.15 | 24.6 | 0.2 |

**表 3-5-5 畜粪及植物茎叶发酵生成的气体分析成果表**

| 序号 | | 气体组分(%) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $CH_4$ | $C_nH_{2n+2}$ $n \geqslant 2$ | $N_2$ | $O_2$ | $CO_2$ | $H_2$ | CO |
| 1 | 最 高 值 | 72.4 | 2.4 | | 3.2 | 42.4 | | 0.6 |
| 2 | 最 低 值 | 56.2 | 0 | | 0.2 | 28.9 | | 0 |
| 3 | 平 均 值 | 60.5 | 0.4 | | 1.1 | 38.0 | | 0.1 |

**表 3-5-6 同孔不同来源的天然气组分对比表**

| 气体来源 | | 气体组分(%) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $C_nH_{2n+2}$ $n \geqslant 2$ | $CH_4$ | $N_2$ | $O_2$ | $H_2$ | $CO_2$ | $NH_3$ |
| 试验得到 | 第 1 孔 | 0.23 | 35.55 | 62.82 | 0 | 0 | 1.40 | |
| | 第 2 孔 | 0.27 | 36.32 | 62.01 | 0 | 0 | 1.40 | |
| 孔中取得 | 第 1 孔 | 0.51 | 67.00 | 0.81 | 29.60 | 0.08 | 1.80 | 0.2 |
| | 第 2 孔 | 0.33 | 74.72 | 0.63 | 22.39 | 0.11 | 1.81 | 0 |

表 3-5-7 第四系全新统上部粘土及泥层地球化学分析成果表

| 取样深度 (m) | | 分析项目 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 还原系数 | | 有机碳 | | 有机氮 | | 沥青 | |
| 自 | 至 | 取样块数 | 平均系数 | 取样块数 | 平均含量 (%) | 取样块数 | 平均含量 (%) | 取样块数 | 平均含量 (%) |
| 5 | 10 | 11 | 0.52 | 19 | 0.52 | 19 | 0.058 | 22 | 0.0082 |
| 10 | 15 | 9 | 0.43 | 19 | 0.4 | 19 | 0.049 | 19 | 0.0052 |
| 15 | 20 | 17 | 0.43 | 29 | 0.38 | 29 | 0.053 | 23 | 0.0170 |
| 20 | 25 | 12 | 0.28 | 25 | 0.27 | 25 | 0.034 | 19 | 0.0081 |
| 25 | 30 | 8 | 0.30 | 17 | 0.32 | 17 | 0.038 | 15 | 0.0085 |
| 30 | 35 | 7 | 0.27 | 11 | 0.27 | 11 | 0.037 | 11 | 0.0157 |
| 35 | 40 | 4 | 0.23 | 8 | 0.24 | 18 | 0.037 | 13 | 0.0168 |

③浅层天然气的分布在纵向上与弱还原环境下形成的全新世上部富含有机质的暗色粘土层相连系。在平面上与一定相带沉积（河滩、河曲、砂洲末端、淤塞的河湖）有关。浅层天然气分布区第四纪下伏基岩时代及岩性差别很大，如三山地区为三叠系青龙灰岩、白垩系建德群红色碎屑岩和中酸性火成岩浅成侵入体。安庆大渡口地区为巨厚胶结致密的红色砂岩。长江中下游地区，更是多种多样，如上海江湾浅气层下伏为变质岩，认为是二叠系龙潭组与燕山期火山岩侵入接触变质的产物；杭州西湖北部气苗附近为白垩系火山岩；武汉青山浅气层下伏为志留系灰绿色页岩、泥盆系五通砂岩及二叠系页岩及第三系砂岩。第四纪浅层天然气的分布并不与下伏区域性的石炭、二叠、三叠可能生气层系的分布紧密联系。同时也没有发现越接近区域性的可能生气层系发现浅气层可能性越大、气量越高的规律。工区内第四系与下伏地层间存在区域性的沉积间断，即使老地层有气体生成，在漫长的沉积间断期，这些气体应早由侵蚀面逸散殆尽，不可能在第四系特别是其最上部的全新统，聚集为我们现在所见的气藏。

根据现代生油理论和大量实际资料，已经证明在还原环境下形成的富含有机质的地层，在其早期成岩阶段，即温度不高的情况下，可以生成生物化学成因的烃类气体，并且可能含少量的重烃。因此，长江中下游全新世暗色粘土层能不能生气的问题已基本解决。至于浅层天然气是否全部或者仅仅部分是原生气，是否有来自老地层的气源，我们认为可以通过天然气成分同位素测定来解决。

## 第五节 浅层天然气地质储量估算方法

省地质局石油大队当年在估算安徽长江两岸浅层天然气地质储量时，划分了两个级别。其标准是：

Ⅰ级储量：普查地区至少有一孔已获得有利用价值（关井压力大于 0.02 兆帕，无阻流量等于或大于 10 方／日）的气流，邻井一般均有气体显示。其外边界的圈定：最边缘见气

井外推不超过普查井网最大井距（一般500米左右）面积范围内的储量。

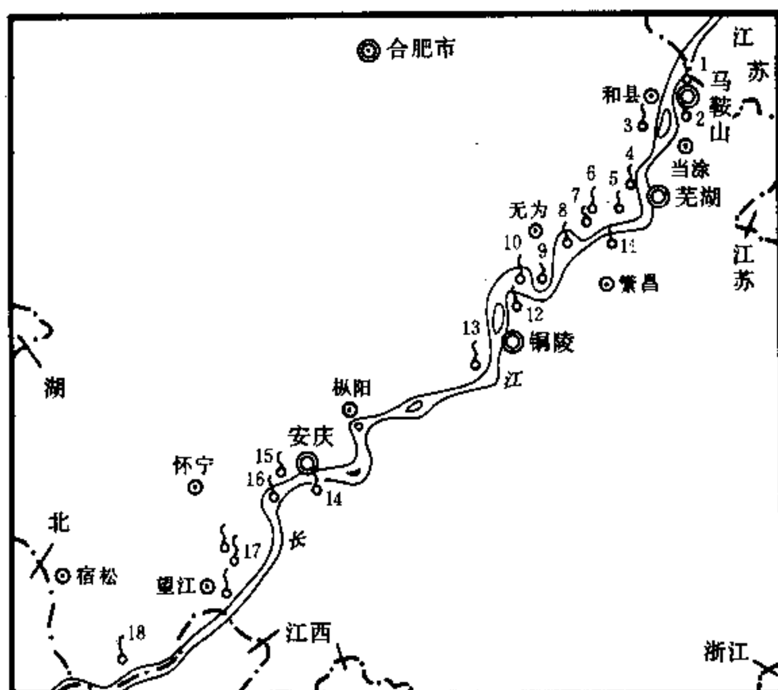



图3-5-2 安徽省长江沿岸第四系浅层天然气藏分布图

1—马鞍山市东北；2—当涂采石；3—和县姥桥—西梁山；4—无为二坝及田沟；5—无为五中；6—无为三官殿～姚家场；7—无为莲花漨南；8—无为黑砂洲；9—无为江心洲；10—无为太阳洲；11—繁昌三山；12—铜陵胥坝—繁昌荻港；13—枞阳陈瑶湖；14—安庆大渡口；15—怀宁海口洲；16—怀宁官洲；17—望江华阳；18—宿松复兴镇

Ⅱ级储量：凡符合下列条件之一者，列入Ⅱ级地质储量估算范围。

①气苗广布，地质条件有利于天然气的形成。

②气苗零星分布，邻区已探明有具利用价值的气流，且地质条件相似。

③普查孔内已发现不同井段有气。

天然气地质储量估算方法采用容积法公式：

$$V=F\cdot H\cdot P\cdot \phi\cdot A$$

V：天然气地质储量，单位：立方米（$m^3$）

F：含气面积，单位：平方米（$m^2$）

H：气层有效厚度，单位：米（m）

$\phi$：有效孔隙率，单位：百分数（%）

P：气层中部压力（以平均关井压力代替），单位：兆帕（MPa）

A：波义尔——马略特定律误差校正系数。估算结果共计Ⅰ级加Ⅱ级含气面积820平方公里，第四系气资源量1.59亿立方米。

第四系浅层天然气藏的分布见图3–5–2。

## 第六节 安徽地区长江沿岸浅层天然气的分区评价

1961年安徽省地质局石油大队，根据浅层天然气聚集的地质条件、含气情况、研究程度、自然经济、交通条件进行了评价，并划分了四级地区。

*1.最有利地区*

(1) 繁昌三山附近 包括天圩、保定圩、小洲、焦弯、小水影和七泡子等地，面积约40平方公里。本区气苗达400多处，浅气藏较丰富，先后共采气达15万方以上，气苗的利用已有数十年历史。本区全新统厚40～65米，为古沙洲沉积，普遍发育有多层气层，其中6.5～15米井段的一层气层，压力较大，达0.05～0.15兆帕，具开发利用价值。而15～51

米之间，层数不一，层位不稳定，且交错分布，气体显示微弱。

(2) 无为汤沟—六洲地区　包括汤沟、三官殿、洋桥、花园、莲花渣和六洲等地，面积33平方公里。已采出气1.6万方。共发现气苗约300处。本区全新统厚度超过50米，其中普遍发育两层气层，其深度分别为7～16米和23～25米，在35～45米间也偶见气层。前者压力较大，一般0.02～0.15兆帕，具有开采利用价值；而后二者气量较小，一般无利用价值。

(3) 怀宁海口洲地区　包括安庆市城西、海口洲和官洲等地，面积约63平方公里。本区气苗密布，约800处，主要分布皖河、漫滩和夹江中，全新统厚度超过40米，为古砂洲沉积。主要气层深度在7～11米间，气层压力一般在0.02～0.08兆帕，具有开采利用价值。而4～5米深度的最浅气层，气量微小，无开采利用价值。

*2.有利地区*

(1) 和县姥桥地区　包括长江以西、西梁山以北、乌（江）黄（山寺）公路以东、石跋河以南地区，面积约173平方公里。共发现气苗60多处，多露布在漫滩和河口地带。推测全新统厚40～50米，而在20米左右井段，曾见气显示，可能有浅气层发育。

(2) 无为五洲地区　包括五洲、太白洲和新沟、高沟等地，面积约75平方公里。发现气苗30处，在一些井中发现了较好的气显示，推测有浅气层分布。

(3) 铜陵晋坝地区　包括长江以南、荻港以南、太平街～西江边一线以北地区，面积约152平方公里，发现气苗300多处，露布在夹江和通江河流中。钻孔中遇到良好天然气显示，推测全新统存在浅气层。

(4) 安庆大渡口地区　包括贵池县界以西，东至县界以北，长江以南地区，面积约65平方公里，发现气苗10多处。全新统厚46米左右，其中8～16米井段，一般发育一层气层，压力0.02～0.09兆帕，具有开采价值。16米以下尚未发现肯定的气层。

(5) 望江华阳地区　包括长江以西，长河以东，北至雷港附近的地区，面积83平方公里。发现气苗80处，多露布在河流、漫滩和沟渠中。在7.2～15米间，有一气层分布，压力为0.03～0.04兆帕，具有开采价值，推测更深处，也可能存在浅气藏。

(6) 宿松复兴地区　包括复兴镇在内的大河附近地区，面积约173平方公里，发现气苗140处，多露布在大河中。环绕本区东南边界分布，在江西省境内也发现了大量气苗。推测全新统有浅气层发育。

*3.较有利地区*

包括有芜湖马鞍山地区；芜湖鲁港地区；无为雍家镇—七桥地区；枞阳陈瑶湖地区；怀宁漳湖地区；宿松渣口地区及宿松汇口地区；江心沙洲等，推测有浅气藏存在。

*4.不利地区*

长江两岸之外，低岗矮丘一线之内，全新统分布狭窄，尚未发现或仅偶见气苗的地区均划入不利地区。凡是长江沿岸，不属于上述三者的所有其它地区，也均属于这类地区。

# 第六章　安徽含油远景评价

安徽地区根据天长、两淮两个地区及合肥、南陵两个盆地初步测算油气远景资源量为：油 1.63～3.58 亿吨，气（含煤成气）2833～2945 亿立方米（目前资源量是初步计算结果，随着石油勘探工作的深入，资源量会有所增减）。安徽地区的含油有利地区有天长地区，这是近期勘探的重点区。其它有利区为南陵盆地、黄口盆地、合肥盆地的东部及阜阳地区等。含油较有利的地区有无为盆地、望江盆地、丙镇盆地等。对中、古生界海相地层的勘探亦应提到重要的地位来考虑。安徽地区的油气勘探前景是乐观的。

## 参　考　文　献[1]


勾静娴，1978，皖南侏罗白垩系介形类，古生物学报，第 17 卷，第 1 期。

王开发等，1987，安徽白垩—第三纪孢粉组合，石油工业出版社。

王尚文等，1983，中国石油地质学，石油工业出版社。

包茨等，1988，天然气地质学，科学出版社。

冯增昭等，1988，从岩相古地理论下扬子区青龙群油气潜景，石油学报，第 9 卷，第 2 期。

安徽省区域地质志，1987，地质出版社。

华北石油勘探开发设计研究院，1982，潜山油气藏，石油工业出版社。

华东地区地层表（安徽分册），1978，地质出版社。

华东地区地层表（江苏及上海分册、浙江分册），1978，地质出版社。

关士聪等，1987，中国中新生代陆相盆地发育沉积与油气，石油工业出版社。

刘朝林等，1983，安徽主要煤种的有机地化特征与煤成气关系，沉积学报，第二期。

任继舜等，1980，论中国大地构造及其演化，科学出版社。

邬立言等，1986，生油岩热解定量评价，科学出版社。

陈发景等，1982，关于我国东部第三纪含油气盆地形成问题的探讨，科学出版社。

李秀新等，1979，合肥盆地重磁力场的解释延拓对深部构造的影响，石油物探，第 2 期。

李金华等，1982，苏皖地区的黄马青群，地质论评，第 28 卷，第 2 期。

李德生，1982，中国东部含油气盆地的构造特征，石油勘探与开发，第 9 卷，第 2 期。

吴崇筠，1983，构造湖盆三角洲与油气分布，沉积学报，第一期。

汪贵翔，1984，安徽海相三叠系，安徽科技出版社。

环文林等，1982，中国东部及邻区中新生代构造演化与太平洋板块运动，地质科学，第 2 期。

尚慧芸等，1985，江苏句容凹陷石油地质特征及油源对比，石油勘探与开发，第 12


[1] 本篇参考了江苏油田、浙江石油地质研究所大量内刊资料和有关地质矿产局、各有关院校研究成果，在此表示感谢。

卷，第3期。

张万选，1981，论油气藏分类及中国油气藏主要类型，石油学报，第3期。

张文佑，1985，断块构造导论，石油工业出版社。

张文昭，1983，中国陆相盆地油气田形成规律。

胡见义等，1986，非构造油气藏，石油工业出版社。

徐伟民，1984，句容盆地成油特征及含油气盆地，石油勘探与开发，第13卷，第4期。

浙江省区域地质志，1985，地质出版社。

黄第藩，1984，陆相有机质演化和成烃机理，石油工业出版社。

隐蔽油气藏勘探论文集，1984，黑龙江科技出版社。

蔡乾忠，1983，华北地台石炭二叠系煤成气赋存地质条件及勘探前景，石油与天然气地质，第4卷，第1期。

# 第四篇　浙 闽 地 区

浙闽地处我国东南沿海，位于华南板块东南部，横跨扬子、华南二个地台单元，为我国地质构造及其石油地质条件比较复杂的地区。总面积223100多平方公里，其中沉积岩总面积仅64100多平方公里。分布有残存的沉积岩区块盆地622个，其中面积大于200平方公里的46个，总面积59619.5平方公里；沉积岩总厚度7464～56726米。为我国油气勘探的后备战场❶❷。

区内分布有海相区块、陆相盆地、第四系浅层天然气等三个勘探领域和浙西、浙北、浙中、浙中—闽西北、浙闽东南部、浙闽沿海等六个油气勘探远景区。其中：海相区块2个，分布于浙西北，总面积39310平方公里，由震旦—三叠系（$Z—T_1$）海相沉积岩组成，为具备区域油气勘探远景的海相勘探领域；陆相盆地（面积大于200平方公里）44个，分布浙闽两省区内，总面积29944平方公里，由三叠系—第三系（$T_3—R$）陆相沉积岩组成，为具备局部油气勘探远景的陆相勘探领域；第四系浅层天然气分布于浙闽沿海和杭嘉湖平原，总面积10000多平方公里，为具备开发利用的浅层能源。浙西盆地区块为以海相为主的海陆相油气勘探远景区；浙北盆地区块为海陆相油气及第四系天然气勘探远景区；浙中、浙闽东南部、浙闽沿海等三个盆地区为陆相油气及第四系天然气勘探局部远景区；浙中—闽西北盆地区为陆相油气勘探局部远景区。

区内油气勘探始于1958年，工作时停时续、延续至今。先后对21个陆相盆地和海相区块中的2个局部地区进行了地震、钻井等油气普查勘探，对8个陆相盆地和2个海相区块进行了油气资源评价。完成主要勘探工作量为：地震测线4384.41公里，其中包括光点、磁带、数字测线；探井282口，包括浅井262口、中深井13口、深井7口，总进尺226323.20米；试油井24口。部分探井见油气显示，个别探井及煤巷捞获有少量原油，但均未获得工业油气流。

区内三个勘探领域和六个油气勘探远景区具备油气勘探的基本石油地质条件是毋容置疑的。但历经三十年普查勘探而未能有突破性进展，其原因是多方面的，而其主要原因是勘探思想多变、缺乏勘探重点及其勘探和研究的深度。根据本区的石油地质条件和三十年来油气普查勘探的成果及其经验教训，浙闽的油气勘探应树立“海陆兼顾、以陆为主，开发浅层能源”的勘探思想；确立“解剖宁波盆地，深探煤山向斜，侦察杭州湾水域”的勘探重点；增强“深化勘探，深化研究”的技术。争取突破，使其成为我国油气勘探的新基地。

浙闽地处我国东南沿海工农业发达的经济开发与开放区，能源紧缺为区内存在的主要问题之一，特别是对油气资源的需求尤为突出。为了总结勘探经验，提供浙闽两省油气勘探的系列资料，在《中国石油地质志》编委会的统一组织和指导下，特编写了本篇。本篇对浙闽油气普查勘探三十年来所取得的石油地质勘探成果进行了总结，提出了深化浙闽油气勘探的看法，以加快浙闽油气勘探的步伐，争取早日突破。

本篇由浙江石油勘探处负责编写。主要编写人姚雪根，并负责编写组织和统稿。篇内分章编写人为：前言、第五章、第七章、第八章由姚雪根编写；第六章由徐克定编写；第

❶浙江石油大队，1985，浙江油气资源评价报告；

❷浙江石油研究所，1987，浙闽中、新生代油气资源评价。

章、第二章由高俊恒、姚雪根编写；第三章由洪日清、王国良、楼基胜、姚雪根编写；第四章由华笑容、郑为乐、楼基胜、姚雪根编写。篇内图件除第六章外均由傅樟省编制。图件清绘由蔡体宁、张建平、白仲华等完成。

本篇编写过程中，得到了江苏石油勘探局、安徽石油勘探公司、石油勘探开发科学研究院、浙江省地质矿产局、福建省地质矿产局等单位的支持，在此一并致谢。

# 第一章　地理概况

## 第一节　自然地理

浙闽为浙江省、福建省的简称。位于我国东南部，濒临西太平洋。北与江苏省、上海市相接；西邻安徽省、江西省；南与广东省相连；东临东海，东南与台湾省隔台湾海峡相望。界于北纬23°33′～31°31′、东经115°50′～123°间，陆地总面积223100多平方公里，其中浙江省101800多平方公里，福建省121300多平方公里。

浙闽属我国东部山地丘陵区，境内峰峦叠嶂，丘陵起伏。地势西高东低，以山地丘陵分布为主，有闽西北、闽西南、闽东、浙南等山地和闽东南、浙北、浙西等丘陵，约占全区百分之八十。平原约占全区百分之二十，主要分布于浙闽东南部沿海和浙东北地区。

区内山脉呈北北东～北东向延伸，福建省境内多北北东向，往浙江省境内渐转为北东向。自西北往东南分布有三支主要山脉。西北支天目山脉位于浙皖边境，为长江流域与钱塘江水系的分水岭，主峰西天目山海拔1506米。中支由仙霞岭、武夷山、大盘山、天台山等组成，自浙赣边境经浙中入海组成舟山群岛，为钱塘江水系与东南沿海水系的分水岭，海拔多在700～1500米，最高主峰黄岗山海拔高达2157米，为浙闽境内的最高峰。东南支由洞宫山、鹫峰山、戴云山、博平岭、雁荡山、括苍山等组成，纵贯浙闽东南部，海拔多在700～1500米间，主峰戴云山海拔1856米。

区内水系发育，河湖水库众多。主要有钱塘江、闽江、瓯江、九龙江、曹娥江、汀江、甬江、椒江、飞云江、人工大运河和新安江水库等。它们多自成系统、独流入海，一般源短流急、流量大，季节性变化明显。

浙闽沿海海岸线长而曲折，多港湾、岛屿，海岸线总长度可达5524多公里，岛屿多达3500多个，颇多良港和渔场。

区内所处纬度较低，南侧临近北回归线，有海洋气团调节，属亚热带海洋季风气候。年平均气温15°～21℃，其中浙江省15°～18℃，福建省17°～21℃，无霜期长。年降雨量1100～2000毫米。由于受季风影响，温度和降水量年际变率均较大，夏秋之交多台风和暴雨。

## 第二节　经济地理

浙闽地处我国东南沿海工农业发达的经济开发与开放区。工农业资源比较丰富，交通、轻纺、旅游业比较发达，城镇密度大，人口多、劳务市场充足，能源紧缺、油气资源尚需探

明。

浙闽为以粮食生产为主的综合经济作物区，素有“鱼米之乡”、“水果之乡”、“丝绸之府”的著称。粮食作物一年三熟，以水稻为主，次为麦类、薯类和豆类，为我国粮食生产的重要产区。林业以产松、杉、樟、楠、红树、毛竹等为主，为我国三大林区之一和竹木的重要产地。主要经济作物有络麻、茶叶、蚕桑、棉花、油菜籽、甘蔗、花生、芝麻、烤烟、亚热带水果等。平原河湖水网区的淡水养殖业发达，沿海盛产各种鱼类和海味，拥有我国最大渔场之一的舟山渔场。主要矿产资源有明矾、萤石、叶蜡石、膨润土、黄铁矿、石灰岩、大理石和金、铜、煤、铁、锰、钼、铅锌、石墨、玻璃砂、硅砂等，福建省的矿产资源尤为丰富。

区内交通除个别山区外均甚方便，由铁路、公路、航空、内河、外海航运等相互组成了四通八达的交通网络。铁路有沪杭（上海至杭州）、浙赣（杭州至南昌）、鹰厦（鹰潭至厦门）、来福（来舟至福州）等四条干线和金岭（金华至岭后）、杭甬（杭州至宁波）、杭长（杭州至长兴）、漳龙（漳平至龙岩）、漳福（漳平至福德）、福马（福州至马尾）等六条支线，总长度约 1800 公里。公路通车里程约 50000 公里，基本形成了省县区乡（镇）相互连接的公路网。内河航运 14800 余公里，沿海主要港口有福建省的厦门、泉州、福州马尾、宁德三都和浙江省的舟山、宁波、海门、温州等，其中宁波、温州、海门、舟山、厦门等港口分别与香港、日本开辟有直达航线。航空有杭州、厦门国际机场和福州机场。此外，尚有部份铁路支线和港口正在修建和筹建之中。

区内以丝绸、麻纺、造纸、棉纺等业为主的轻纺工业和食品加工业比较发达，基础较好，在全国占有一定的地位。金华火腿、绍兴老酒等食品驰名中外。冶金、煤炭、机械、电力、建材、森工、炼油等工业亦初具规模，新安江、富春江、乌溪江等水电站在华东电网中占有重要地位。手工艺品品种繁多，绚丽多彩。杭州织绵、肖山花边、青田寿山石刻、东阳木雕、温州瓯塑、宁波骨嵌、龙泉和德化瓷器、福州和嵊县竹编、海宁彩灯、龙岩和上杭等地的藤制品等，均久负盛名，畅销国内外。

浙闽古今文化发达，历史悠久，名山名溪、文物古迹、幽洞峡谷众多，素有文化和旅游省区之称。杭州西湖、海宁钱江潮、闽西武夷山、舟山普陀山、德清莫干山、厦门鼓浪屿、乐清雁荡山、明溪滴水岩洞、桐庐瑶琳洞、宁波保国寺、泉州清真寺、杭州灵隐寺、仙游九里湖瀑布、宁海深甽和泰顺雅阳温泉、河姆渡新石器时代遗址等名扬中外，为我国有名的旅游胜地和发展我国旅游业的重要省区。

浙闽为我国政区和人口密度较大的地区。现有 21 个市（地区）的 143 个市县。其中浙江省为 12 个市（地区）的 75 个市县，省会设杭州市；福建省为 9 个市（地区）的 68 个市县，省会设福州市。总人口约 64777136 人，每平方公里平均人口为 290.35 人。其中浙江省总人口 38846030 人，每平方公里人口 381.59 人；福建省总人口 25931106 人，每平方公里人口 213.77 人；均以沿海和平原地区的人口密度为大。居住有汉、畲、回、满、高山族等民族，也是我国著名的侨乡。

浙闽能源以水电、煤炭为主，核电站尚在建设之中，油气资源尚需探明。其中水电除新安江、富春江、乌溪江等大中型水电站外，以小水电为主；煤炭资源不能自给，缺口较大。能源紧缺为区内存在的主要问题，特别是对油气资源的需求尤为突出。

浙闽的自然经济地理受地质构造的控制，为了本篇阐述地质构造概况和石油地质基本条件的需要，以江山—绍兴和嵊泗—庆元、政和—大埔等深大断裂为界，将区内划分为下列五个地质地理区（图 4–1–1）。

浙西北：江山—绍兴深断裂西北的浙江省西部和北部地区。
浙中：江山—绍兴与嵊泗—庆元深断裂间的浙江省中部地区。
浙东南：嵊泗—庆元深断裂东南的浙江省东南部地区。
闽西北：政和—大埔深断裂西北的福建省西北部地区。
闽东南：政和—大埔深断裂东南的福建省东南部地区。

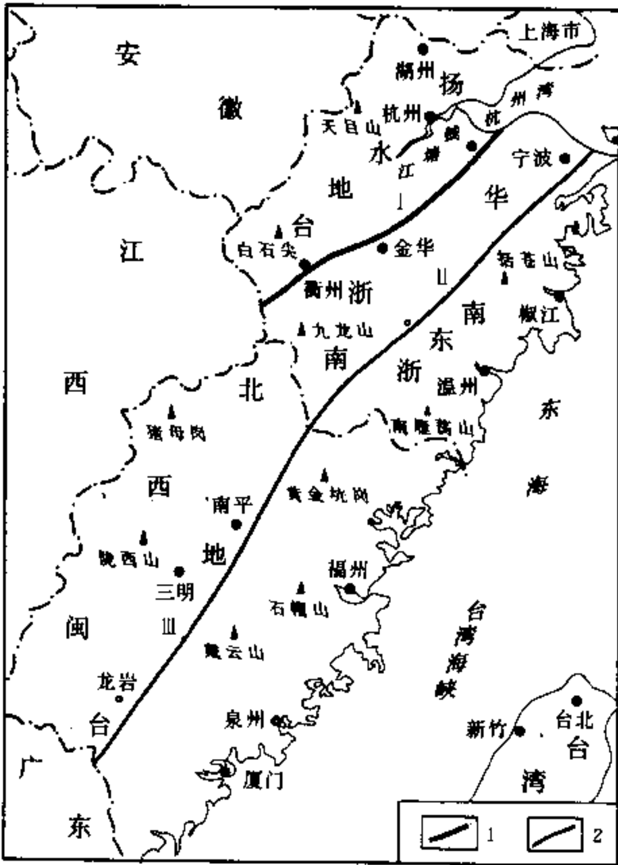



图 4-1-1 浙闽地质地理分区略图

1—地台界线；2—地质地理分区界线；Ⅰ—江山—绍兴断裂；

Ⅱ—嵊泗—庆元断裂；Ⅲ—政和—大埔断裂

# 第二章 勘探历程

## 第一节 勘探单位及其变化

1958 年前，区内没有进行油气勘探的单位。1958 年开始，先后成立了浙江省石油地质队、浙江省石油地质大队、浙江石油勘探处；浙江省石油地质研究所；福建省石油大队、福建省石油地质队。从事浙闽的油气勘探和研究工作。

浙江省地质局石油地质队成立于 1958 年 5 月，拥有钻井队（浅钻）6 个、试油队 1 个、机修厂 1 个、职工 300 多人，负责浙江省内的油气普查工作。1962 年 4 月，该队在国民经济调整中被撤销。1969 年 8 月～1970 年，浙江省区域地质测量大队成立石油普查小组，并有省重工业厅地质大队二中队，国家计委地质局第三石油普查大队的 307 地质普查分队和 1 个地震队，第六石油普查大队的 1 个钻井队，省物探大队四连等单位先后在区内开展油气普查工作。1971 年初，由上述单位合并组成了浙江省石油地质大队，归省石油化学工业厅和石油工业部双重领导，继续开展浙江省内的油气普查工作。1977～1978 年曾为苏浙皖石油勘探开发指挥部的组成部分。1984 年 12 月划归石油工业部领导，1987 年 3 月改名为浙江石油勘探处，承担浙江及其邻区的油气勘探工作。现有钻井队 3 个（大钻 2 个、浅钻 1 个）；地震队 3 个（数字队 2 个、测井队 1 个）；井下作业队 1 个（包括气测、电测、固井）；试油队 1 个；运输队 1 个，各种车辆 100 多台；机修厂 1 个；研究所 1 个；职工 1400 多人。为具有地质、地震、钻井、测井、固井、试油、化验等油气勘探能力的石油勘探企业。

浙江省石油地质研究所组建于 1984 年，由省石油化学工业厅和石油工业部双重领导，现有职工 180 多人。承担浙江省及其邻区的石油地质研究任务，为石油地质科研单位。

福建省地质局石油大队成立于 1959 年，负责福建省内的油气普查工作。1962 年，该队在国民经济调整中调离福建省赴江苏省并入地质部第六石油普查勘探大队。1971 年，福建省再次组成了福建省石油地质队，继续开展福建省内的油气普查工作。1978 年后，该队在国民经济调整中再次被撤销。

此外，尚有石油工业部的华东石油勘探局、石油地球物理勘探局、石油勘探开发科学研究院和地质部的华东石油物探大队、江苏石油普查大队、航磁队等先后在浙闽全境或局部地区进行过各种勘探和研究工作。

## 第二节 勘探历程

区内油气苗的发现较早，1933 年煤山向斜龙潭煤系的煤田钻孔中见有原油，并在以后的煤田开采中不断发现，捞获有数十吨原油。但其油气勘探始于 1958 年 5 月浙江省石油地质队成立之后。三十年来，区内的油气勘探经历了三个阶段。

*1. 1958～1962 年*

以地质调查、浅钻为主要勘探手段，以第四系浅层天然气、部分中、新生代盆地为主要

勘探对象的油气普查勘探阶段。主要勘探工作有：

(1) 第四系天然气普查勘探　其范围为浙江省的杭州湾、宁波、温州、慈溪和福建省的甘棠、漳州、福州等7个地区。由浙江省石油地质队和福建省石油大队分别于1958～1961年和1960～1961年进行。

浙江省内完钻浅井33口、总进尺2466米，土法钻井70余口、总进尺3030米（杭州地区)，经土法试气部分钻孔出气。福建省内完成手摇钻250口、总进尺2906.2米，福州地区一些钻孔短暂出气。

(2) 中、新生代陆相盆地普查勘探　对浙江省内的永康、金衢和福建省内的川石岛等3个盆地（地区）进行了地质、重磁电、浅钻等普查勘探，对浙闽的部分盆地（地区）进行了地质普查和概查。上述工作由浙江省石油地质队和福建省石油大队于1959～1961年进行。

3个盆地（地区）内共钻浅井57口、总进尺21170.8米，32口井见油气显示。其中川石岛地区钻井5口、总进尺1994.8米，未见油气显示；金衢盆地钻井5口、总进尺2654.90米，1口井见油气显示；永康盆地钻井47口、总进尺16521.10米，31口井见油气显示，试油井10口，$H_2^4$井捞获原油600毫升。均未获工业油气流。

(3) 上古生代海相区块普查勘探　以浙江省长兴县煤山向斜的上古生界为勘探目的层，由石油工业部华东石油勘探局于1959～1961年进行了地质普查和浅井钻探。共钻井8口、总进尺3472.77米，普见油气显示。试油井3口、共4层，未获工业油气流。

(4) 地球物理普查勘探　浙闽除永康、金衢、川石岛等中、新生代重点勘探盆地内的物探工作外，还完成有：浙闽1／100万航磁测量；浙江省杭嘉湖地区1／20万航磁、重磁测量，肖绍平原1／20万重磁、电测深测量，浙东3条1／20万重磁大剖面；福建省局部地区1／20万重磁及1／5万电测深测量。

(5) 石油地质研究　浙江省石油地质队和福建省石油大队在地质、物探、钻探、试油等石油普查勘探的基础上，对浙闽的第四系浅层天然气、中、新生代陆相盆地、上古生界海相区块等勘探领域的石油地质条件进行了初步分析和评价。主要认识为：

1) 浙闽第四系浅层天然气分布广泛。浙江省内以杭嘉湖平原比较有利，杭州郊区远景较好，可土法开采供民用。

2) 浙江省内有许多中、新生代陆相盆地具备生油条件，有找油的可能性。其中以宁波、金衢盆地和杭嘉湖地区更应重视。

3) 浙西北上古生界龙潭煤系分布范围虽局限，但具备良好的生油条件，具有一定的油气远景。问题是缺乏有利的油气聚集条件、物性差，远景可能较小。

4) 浙闽东部大片火山岩系下寻找上古生界油气藏的可能性需要进一步工作后确定。

*2. 1963～1968年*

调整中断油气勘探阶段。1962年，在国民经济调整中，浙江省石油地质队被撤销，福建省石油大队调赴江苏并入地质部第六石油普查勘探大队。浙闽油气勘探工作中断，直至1968年。

*3. 1969～1988年*

以地质研究、地震、浅中深钻、试油为主要勘探手段，海相区块陆相盆地和第四系浅层天然气为主要勘探对象，全面展开、重点解剖的油气普查勘探阶段。主要勘探工作有：

(1) 第四系浅层天然气普查勘探　1970～1972年，浙江省石油地质大队动用浅钻4台，对杭州市、肖山县、余杭县等二县一市进行了重点普查。沿海各市县组织专业队伍，利

用土法打井进行了广泛普查。据不完全统计：土法打井4100余口，其中见气井1100余口，利用井200余口；各种正规钻探井300余口，其中见气井100余口，利用井30余口。1985年初，浙江省石油地质大队成立第四系天然气组，对杭嘉湖平原及沿海29个市县、222个乡的第四系天然气资料进行了系统收集、整理和研究，提出了开辟勘探试验区的建议。1986～1988年，在肖山县区进行了浅层地震、浅钻相结合的试验性勘探。

(2) 中、新生代陆相盆地普查勘探　对8个盆地（地区）进行了地质、地震、钻井普查勘探；10个盆地（地区）进行了地质、钻井普查勘探；1个盆地进行了地质、地震普查勘探；部分盆地（地区）进行了地质普查和概查。由浙江省石油地质大队和福建省石油地质队于1970～1988年进行。

钻探盆地（地区）有浙江省的金衢、宁波、长河、杭嘉湖、墩头—浦江、寿昌、肖绍和福建省的崇安、禾口、佛昙、上杭、均口、白岚、麻沙、举岚、永安、连城、漳平等18个。共钻井193口，包括177口浅井、11口中深井、5口深井，总进尺177166.75米，部分井见油气显示。试油井8口，举岚盆地对举1、7、9等3口井进行强化试油，举1、9井在坂头组（$J_3b$）捞获原油4.051立方米，举7井见气显示，均未获工业油气流。

地震勘探盆地（地区）有浙江省的金衢、宁波、长河、杭嘉湖、嵊县、浦江—墩头、肖绍和福建省的崇安、禾口等9个。测线总长度3843.63公里，其中多次覆盖剖面为3264.99公里。

(3) 古生代海相区块普查勘探　对浙江省内的长兴—安吉和淳安—桐庐等2个地区进行了地质、地震、钻井普查勘探。由浙江省石油地质大队于1971～1984年进行。完成地震测线540.78公里，其中多次覆盖剖面为370.85公里。钻井24口，包括20口浅井、2口中深井、2口深井，总进尺24512.88米。

1971～1985年，长兴—安吉地区以上古生界为目的层，对煤山向斜进行了反复勘探。完成地震测线249.10公里，其中多次覆盖剖面151.10公里。钻井21口，包括20口浅井、1口中深井，总进尺18274.39米；挖掘坑道3条、总进尺190.30米。对3口井、3条巷道进行了试油，在龙潭煤系中获少量油流，累计捞获原油61134.75公斤以上，未获工业油气流。

1978～1981年，在淳安—桐庐地区对下古生界进行了勘探工作。完成地震测线291.68公里，其中多次覆盖剖面219.75公里。钻井3口，包括中深井1口、深井2口，总进尺6238.49米。均因地质构造条件复杂而未达勘探目的层，富1井在长坞组（$O_3ch$）方解石脉中见荧光显示，未获工业油气流。

(4) 石油地质研究　浙江省石油地质大队和福建省石油地质队在上述油气普查勘探的基础上，对区内石油地质条件进行了系统的整理研究和总结。特别是浙江省内于1978～1984年成立了岩相、构造、油气、中、新生代盆地等专业组，对全省的石油地质条件进行了专题和综合研究，并作出了油气资源评价，提交有较为系统的研究成果。主要认识为：

1) 浙江省内第四系浅层天然气分布面积8800平方公里，较集中的为4000平方公里。储气层2～5层，埋深小于50米；单井最高日产气量5700立方米，平均1349立方米；土法井寿命数天～数月，正规井数月至一年。为可供民用开发的浅层能源。

2) 浙闽中、新生代盆地虽多，但其盆地小、多数缺乏良好的生储盖组合配套和圈闭条件。遭受后期剥蚀破坏强烈，找油条件不够理想，但具备找油的基本石油地质条件。

3) 浙西海相区块内的上古生界具备良好的生油条件和一定的储集条件，但其分布零星、后期构造破坏强烈、圈闭条件不好。下古生界分布广、厚度大，具备较好的生储盖组合

条件，而其热演化程度偏高，有可能找到气藏。

4）浙闽大部地区位于中国东部隆起活动带，火山活动强烈、侵入岩分布广泛，构造复杂；古生界变质程度高，中、新生代盆地小，找油不是一个十分有利的地区。陆地部分找小型油气藏是有可能的。海域部分为广阔的东海盆地，盆内新生界沉积厚、分布广，储油气构造多，业已找到高产的工业油气流，具有油气勘探的广阔前景。

## 第三节 勘探工作量

据不完全统计，1958 年以来，浙闽境内完成的勘探工作量如下（图 4–2–1；表 4–2–1）。

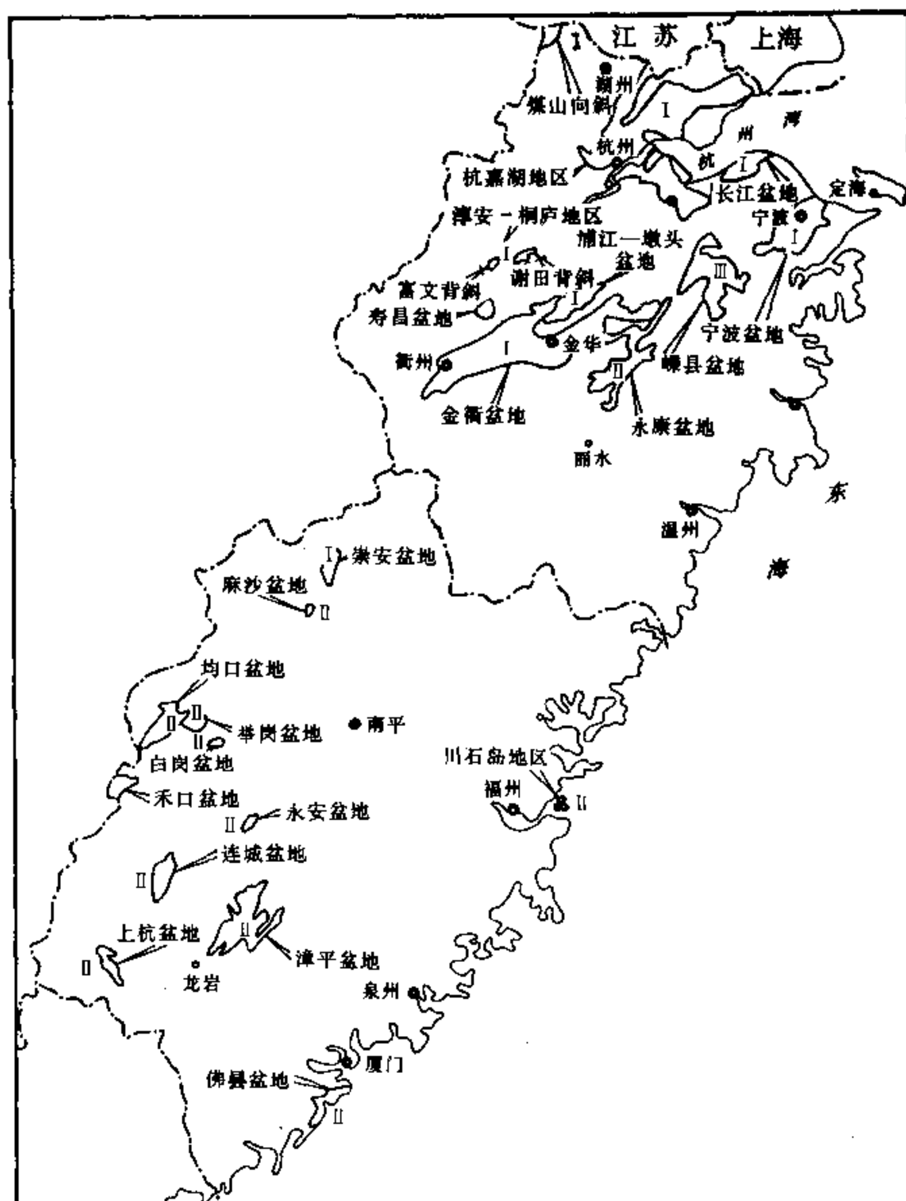



图 4–2–1 浙闽油气勘探程度图

Ⅰ—地质、地震、钻井普查区块盆地；Ⅱ—地质、钻井普查区块盆地；Ⅲ—地质、地震概查区块盆地

表 4-2-1 浙闽油气勘探主要工作量汇总简表

| 省区 | 勘探项目组合 | 区块盆地(地区)名称 | 区块盆地面积($km^2$) | 地震勘探 单次剖面(km) | 地震勘探 多次复盖(km) | 地震勘探 合计(km) | 钻井勘探 目的层 | 钻井勘探 浅井(口) | 钻井勘探 中深井(口) | 钻井勘探 深井(口) | 钻井勘探 合计(口) | 钻井勘探 总进尺(m) | 试油井(口) | 地质勘探与研究 | 勘探成果 显示井(口) | 勘探成果 捞油量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 浙江 | 地质地震钻井 | 金衢 | 3500 | 304.17 | 203.50 | 507.67 | $k_2l$ | 33 | 4 | 4 | 41 | 46616.84 | 1 | 概查与资源评价 | 7 | |
| | | 宁波 | 1125 | | 323.33 | 323.33 | $k_1f$ | 19 | 1 | | 20 | 20195.27 | | | 9 | |
| | | 长河 | 435 | | 663.32 | 663.32 | Ech | 25 | 3 | | 28 | 29384.15 | 2 | | 1 | |
| | | 杭嘉湖 | 4230 | 213.55 | 1981.42 | 2194.97 | K | 39 | | 1 | 40 | 41618.13 | 1 | 概查 | 1 | |
| | | 浦江-墩头 | 500 | | 13.80 | 13.80 | $J_3S$ | 4 | | | 4 | 3875.67 | | | | |
| | | 肖绍 | | | 79.62 | 79.62 | K | 2 | | | 2 | 1648.49 | | | | |
| | | 长兴-安吉 | 56.13 | 98.00 | 151.10 | 249.10 | P | 28 | 1 | | 29 | 21747.16 | 6 | 普查与资源评价 | 9 | 61134.75kg |
| | | 淳安-桐庐 | 45 | 71.93 | 219.75 | 281.68 | Z-€ | | 1 | 2 | 3 | 6238.49 | | | 1 | 未达目的层 |
| | 地质钻井 | 永康 | 912.5 | | | | $K_1g$ | 47 | | | 47 | 16521.10 | 10 | | 31 | |
| | | 寿昌 | 105 | | | | $J_3S$ | 2 | | | 2 | 1720.52 | 1 | 普查 | 2 | |
| | 地质地震 | 嵊县 | 1050 | 23.90 | | 23.90 | | | | | | | | 概查 | | |
| | 地质 | 包括省区内除上述区块盆地外的所有沉积区块盆地，进行了地质概查。 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 合计 | | | 711.55 | 3635.84 | 4347.39 | | 199 | 10 | 7 | 216 | 189565.82 | 21 | | 61 | |
| 福建 | 地质地震钻井 | 崇安 | 175 | 6.40 | | 6.40 | $J_3b$ | 3 | | | 3 | 2709.55 | | 概查—普查 | | |
| | | 禾口 | 145 | 30.62 | | 30.62 | $J_3$ | 2 | 1 | | 3 | 2975.69 | | | | 未达目的层 |
| | 地质钻井 | 川石岛 | 110 | | | | $J_3b$ | 5 | | | 5 | 1994.80 | | | | |
| | | 佛昙 | 270 | | | | Nft | 12 | | | 12 | 1334.67 | | | | |
| | | 上杭 | 150 | | | | K | 2 | 1 | | 3 | 2795.98 | | | | |
| | | 均口 | 87.5 | | | | $J_3b$ | 2 | | | 2 | 1509.15 | | | | 未达目的层 |
| | | 白岚 | | | | | $J_1l$ | 2 | | | 2 | 290.57 | | | | |
| | | 麻沙 | 12.5 | | | | $J_3b$ | 3 | | | 3 | 983.19 | | | 1 | |
| | | 举岚 | 150 | | | | $J_3b$ | 19 | | | 19 | 11633.86 | 3 | | 16 | $4.051m^3$ |
| | | 永安 | 112.5 | | | | $J_3b$ | 4 | | | 4 | 2816.04 | | | | |
| | | 连城 | 250 | | | | $J_3b$ | 8 | 1 | | 9 | 7631.26 | | | | |
| | | 漳平 | 1059 | | | | $T_3$-J | 1 | | | 1 | 82.60 | | | | |
| | 地质 | 包括省区内除上述区块盆地外的所有沉积区块盆地进行了地质概查。 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 合计 | | | 37.02 | | 37.02 | | 63 | 3 | | 66 | 36757.38 | 3 | | 17 | |
| 浙闽总计 | | | | 748.57 | 3635.84 | 4384.41 | | 262 | 13 | 7 | 282 | 226323.20 | 24 | | 78 | |

## 一、地球物理勘探

*1. 航磁测量*

浙闽全境 1／100 万测量。福建省内 1／20 万测量 9607.9 公里；1／10 万测量 4356.4 公里。浙江省内杭嘉湖地区 1／20 万测量。

*2. 重力测量*

浙江省内杭嘉湖地区 1／20 万、1／10 万、1／5 万测量；浙北地区、宁波盆地 1／10 万、1／5 万测量；金衢、永康盆地及肖绍平原 1／20 万测量；浙东南 1／20 万大剖面测量(3 条)。福建省内 1／20 万测量 2600.69 公里。

*3. 磁法测量*

浙江省内杭嘉湖地区、肖绍平原和金衢、永康盆地 1／20 万测量；浙东南 1／20 万大剖面（3 条）。福建省内 1／20 万测量 1391 公里；崇安盆地 1／5 万测量 130 平方公里；川石岛地区 1／5 万测量 7.5 平方公里。

*4. 电法测量*

浙江省内杭嘉湖地区、肖绍平原和金衢、永康盆地 1／20 万电测深测量。福建省内 1／5 万测量 1270.5 公里；崇安盆地 1／20 万测量 130 平方公里；川石岛地区 1／5 万测量 24 平方公里。

## 二、地震勘探

浙闽共完成地震测线 4384.41 公里，其中多次覆盖测线为 3635.84 公里。其主要勘探工作在浙江省内，福建省内仅 37.02 公里试验剖面。

浙江省内的地震勘探工作分布于金衢、宁波、长河、杭嘉湖、嵊县、长兴—安吉、淳安—桐庐、浦江、肖山等 9 个盆地（地区）。第 1 条光点和磁带模拟多次覆盖测线均位于金衢盆地内，分别于 1970 年 9 月 15 日和 1972 年 10 月 16 日施工；第 1 条数字多次覆盖测线位于杭嘉湖地区，于 1985 年 12 月 5 日施工。

福建省内地震勘探试验工作，分布于崇安（高苏坂）、禾口等 2 个盆地，分别于 1976 年和 1973 年施工。

## 三、钻井

浙闽共完成探井 282 口，包括浅井 262 口、中深井 13 口、深井 7 口，总进尺 226323.20 米。此外用于第四系浅层天然气勘探的手摇钻、管子钻、浅钻等钻孔共 4750 多口。

浙江省内完成探井 216 口，包括浅井 199 口、中深井 10 口、深井 7 口，总进尺 189565.82 米。分布于金衢、永康、宁波、长河、寿昌、杭嘉湖、浦江—墩头、肖绍、长兴—安吉、淳安—桐庐等 10 个盆地（地区）。第 1 口探井 ZK1 井位于永康盆地，于 1959 年 5 月 10 日～8 月 28 日开完钻，井深 622.76 米，井底层位磨石山组（$J_3m$）。第 1 口深探井金深 1 井位于金衢盆地，于 1971 年 7 月 1 日～1972 年 7 月 15 日开完钻，井深 2000.04 米，井底层位白垩系上统（$K_2$）。最深深井金深 8 井亦位于金衢盆地，于 1977 年 4 月 7 日～1979 年 1 月 11 日开完钻，井深 3320.93 米，井底层位石炭系（C）。

福建省内完成探井 66 口，包括浅井 63 口、中深井 3 口，总进尺 36757.38 米。分布于崇安、川石岛、禾口、佛昙、上杭、均口、白岚、举岚、麻沙、永安、连城、漳平等 12 个盆地（地区）。

## 四、试油

浙闽共对 7 个盆地（地区）的 24 口探井进行了试油。其中浙江省内有 21 口井，分布于

杭嘉湖、金衢、永康、长河、寿昌、长兴—安吉等 6 个盆地（地区）；福建省内有 3 口井，分布于举岚盆地。

**五、地质勘探与研究**

浙闽均已完成了 1／20 万地质区测，对部分陆相盆地（地区）和海相区块中的局部地区进行了 1／10 万、1／5 万地质调查。

在钻井、物探、地质普查勘探的基础上，对浙闽的区域地质和石油地质进行了初步研究。完成的主要研究工作有：浙闽第四系浅层天然气的分布；浙闽中、新生代盆地初步评价；浙江省内岩相、构造、油气等专题研究和油气资源评价等。

浙闽完成的地震、钻井、试油、地质等主要油气勘探工作，分布于 23 个盆地（地区）。其中：地质、地震、钻井勘探盆地（地区）10 个；地质、钻井勘探盆地（地区）12 个；地质、地震勘探盆地 1 个。经地震勘探的盆地（地区）共 11 个，完成测线 3923.97 公里，单盆测线长度 6.40～2194.27 公里，平均 356.72 公里；经钻井勘探的盆地（地区）共 22 个，完钻探井 282 口，单盆探井数 1～47 口，平均 12.82 口；经试油 7 个盆地（地区）共 24 口探井，占钻探盆地（地区）的 31.6%，探井总数的 8.5%。

浙闽的部分盆地（地区）虽已有一定的勘探工作量，但由于这些勘探盆地（地区）的石油地质条件比较复杂，勘探难度大，故其所解决的石油地质问题缺乏深度和广度，石油地质基本条件还没有完全解决。

# 第三章　地质构造概况

浙闽位于华南板块东南部，横跨扬子、华南等二个地台单元（图 4-3-1）。其地质构造在元古界变质岩褶皱基底的基础上发生发展，经历了加里东、华力西—印支、印支—喜山等三个时期，具有多旋回发展的区域地质构造特点及其北西—南东向推移叠加的发展分布规律，为我国地质构造及其石油地质条件比较复杂的一个地区。

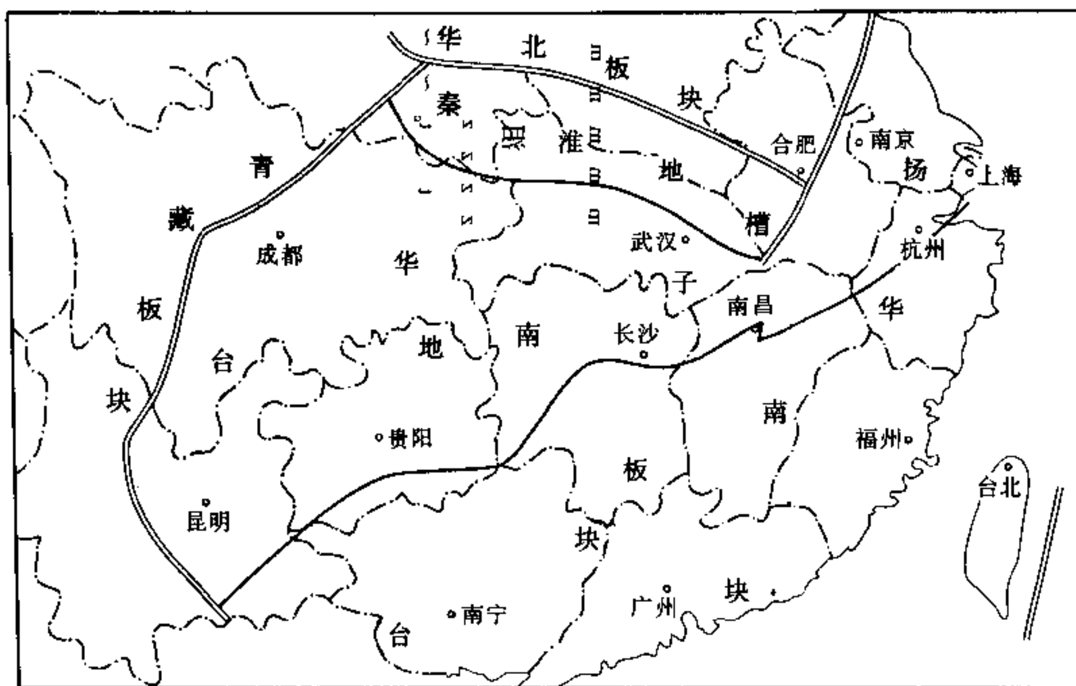



图 4-3-1　浙闽构造位置略图

## 第一节　地　　层

### 一、地层系统

浙闽地层系统包括了 4 个界、12 个系、28 个统、133 个地层单元。其中浙江省内为 84 个地层单元，福建省内为 49 个地层单元（表 4-3-1）。

区内地层系统与前人划分相比，在龙泉群—陈蔡群、麻源群、震旦系等归界上有较大出入。前人将龙泉群—陈蔡群、麻源群划归元古界，本篇拟划归下古生界—元古界。震旦系前人划归元古界，本篇则拟划归下古生界，此一划归适用于我国南方震旦系，可能不适用于我国北方震旦系。

### 二、地层特征

浙闽属扬子、华南地层区，其以江山—绍兴断裂为界，浙西北为扬子地层区，浙中—闽

**表 4－3－1 浙闽地层系统略表**

| 界 | 系 | 统 | 浙江 浙西北(扬子地台) 西部 | 浙江 浙西北(扬子地台) 北部 | 浙江 浙中、浙东南(华南地台) | 福建 闽西北(西北部、西南部、东部)(华南地台) | 福建 闽东南(华南地台) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 新生界(Cz) | 第四系(Q) | 全新统($Q_4$) | 勤江桥组($Q_4y$) | 全新统($Q_4$) | 勤江桥组($Q_4y$) | 全新统($Q_4$) | 长乐组($Q_4C$)<br>东山组($Q_4d$) |
| | | 更新统($Q_1$—$Q_3$) 上更新统($Q_3$) | 山门街组($Q_3s$)<br>杨梅岭组($Q_3y$) | 宁波组($Q_3n$)<br>东浦组($Q_3d$) | 山门街组($Q_3s$)<br>杨梅岭组($Q_3y$) | 龙海组($Q_3l$) | |
| | | 中更新统 $Q_2$ | 大岩头组($Q_2d$) | 平湖组($Q_2p$) | | 同安组($Q_2d$) | |
| | | 下更新统($Q_1$) | 钱江组($Q_1q$)<br>汤溪组($Q_1t$) | 西圹组($Q_1x$)<br>钟埭组($Q_1z$) | 钱江组($Q_1q$)<br>汤溪组($Q_1t$) | 天宝组($Q_1t$) | |
| | 第三系(N—E) | 上第三系(N) | 缺失 | 剥蚀 | 嵊县群(NS) | 缺失 | 佛昙群(Nft) |
| | | 下第三系(E) | | 长河群(Ech) | 缺失 | | 缺失 |
| 中生界(Mz) | 白垩系(K) | 上统($K_2$) | 衢县组($K_2j$)<br>兰溪组($K_2l$) | | | 赤石群($K_2c$)<br>沙县组($K_2s$) | |
| | | 下统($K_1$) | 方岩组($K_1f$)<br>朝川组($K_1c$)<br>馆头组($K_1g$) | | | 禾口组($K_1h$) | 石帽山群($K_1sh$) |
| | 侏罗系(J) | 上统($J_3$) | 寿昌组($J_3s$)<br>黄尖组($J_3h$)<br>劳村组($J_3l$) | | 磨石山组($J_3m$) | 坂头组($J_3b$)<br>南园组($J_3n$)<br>长林组($J_3c$) | 侏罗系—三迭系上统(J—$T_3$) |
| | | 中统($J_2$) | 渔山尖组($J_2y$) | | 毛弄组($J_2m$) | 漳平组($J_2z$) | |
| | | 下统($J_1$) | 马涧组($J_1m$) | | 枫坪组($J_1f$) | 梨山组($J_1l$) | |
| | 三叠系(T) | 上统($T_3$) | 缺失 | | 乌灶组($T_3w$)<br>缺失 | 焦坑组($T_3j$)、文宾山组($T_3w$)<br>缺失、大坑组($T_3d$) | |
| | | 中统($T_2$) | 剥蚀 | | | 安仁组($T_2an$) | |
| | | 下统($T_1$) | 剥蚀 | 扁担山组($T_1b$)<br>和龙山组($T_1h$) | | 溪尾组($T_1xw$) | |
| | | | 政棠组($T_1z$) | 殷坑组($T_1y$) | | 溪口组($T_1x$) | |
| 古生界(pz) 上古生界($pz^2$) | 二叠系(P) | 上统($P_2$) | 大隆组($P_2d$) | 长兴组($P_2ch$) | | 长兴组($P_2ch$)　大隆组($P_2d$) | |
| | | | 龙潭组($P_2l$) | | | 翠屏山组($P_2cp$) | |
| | | 下统($P_1$) | 丁家山组($P_1d$) | 孤峰组($P_1g$) | 鹤溪群($D_3$—$P_1$) | 童子岩组($P_1t$)<br>文笔山组($P_1w$) | |
| | | | 栖霞组($P_1q$) | | | 栖霞组($P_1q$) | |
| | 石炭系(C) | 上统($C_2$) | 船山组($C_2c$)<br>黄龙组($C_2h$) | | | 船山组($C_2c$)<br>黄龙组($C_2h$) | 上统—下统($C_2$—$C_1$) |
| | | 下统($C_1$) | 叶家圹组($C_1y$) | 高骊山组($C_1g$)<br>金陵组($C_1j$) | | 林地组($C_1l$) | |
| | 泥盆系(D) | 上统($D_3$) | 珠藏坞组($D_3z$)<br>西湖组($D_3x$) | 五通组($D_3w$) | | 桃子坑组($D_3tz$)<br>天瓦炼组($D_3t$) | |

续表

| 界 | 亚界 | 系 | 统 | 浙江 浙西北(扬子地台) 西部 | 浙江 浙西北(扬子地台) 北部 | 浙中(华南地台) | 浙东南(华南地台) | 福建 闽西北 西北部(华南地台) | 福建 闽西北 西南部(华南地台) | 福建 闽西北 东部(华南地台) | 福建 闽东南(华南地台) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 古生界(pz) | 上古生界($Pz^2$) | 泥盆系(D) | 中统($D_2$) | 缺 | | | | | | 失 | |
| | | | 下统($D_1$) | | | | | | | | |
| | 下古生界($Pz^1$) | 志留系(s) | 上统($S_3$) | 剥 | 蚀 | 龙泉群—陈蔡群($pz^1$—pt) | 不明 | 剥蚀 | | | 不明 |
| | | | | 唐家坞组($S_{2-3}t$) | 茅山组($S_{2-3}m$) | | | | | | |
| | | | 中统($S_2$) | 康山组($S_2kn$) | | | | | | | |
| | | | 下统($S_1$) | 大白地组($S_1d$) | | | | | | | |
| | | | | 安吉组($S_1a$) | | | | | | | |
| | | | | 坝口组($S_1y$) | | | | | | | |
| | | 奥陶系(O) | 上统($O_3$) | 文昌组($O_3w$) / 张村坞组($O_3z$) | | | | 罗峰溪群($O_{2-3}lt$) | | 奥陶系—震旦系上统(O—$Z_2$) | |
| | | | | 长坞组($O_3ch$) / 于潜组($O_3yu$) | | | | | | | |
| | | | | 黄泥岗组($O_3h$) | | | | | | | |
| | | | 中统($O_2$) | 砚瓦山组($O_2y$) | | | | | | | |
| | | | | 胡乐组($O_2h$) | 大田坝组($O_2d$) | | | | | | |
| | | | 下统($O_1$) | 牛上组($O_1n$) | 牯牛潭组($O_1g$) | | | 魏坊群($O_1wt$) | | | |
| | | | | 宁国组($O_1n$) | 闲林埠组($O_1x$) | | | | | | |
| | | | | 印渚埠组($O_1y$) | 荆山岭组($O_1j$) | | | | | | |
| | | | | | 留下组($O_1l$) | | | | | | |
| | | 寒武系(∈) | 上统(∈$_3$) | 西阳山组(∈$_3x$) | 超峰组(∈$_3c$) | | | 东坑口群(∈$_3dn$) | | | |
| | | | | 华严寺组(∈$_3h$) | | | | | | | |
| | | | 中统(∈$_2$) | 杨柳岗组(∈$_2y$) | | | | 林田群(∈$_{1-2}ln$) | | | |
| | | | 下统(∈$_1$) | 大陈岭组(∈$_1d$) | 超山组(∈$_1c$) | | | | | | |
| | | | | 荷圹组(∈$_1h$) | | | | | | | |
| | | 震旦系(z) | 上统($Z_2$) | 西峰寺组($Z_2x$) | | | | 上统($Z_2$) | 黄连组($Z_2h$) | | |
| | | | | | | | | | 南岩组($Z_2n$) | | |
| | | | 下统($Z_1$) | 雷公坞组($Z_1l$) | | | | 丁屋岭组($Z_1dn$) | | 龙北溪组($z_1l$) | |
| | | | | 志棠组($Z_1z$) | | | | 吴墩组($Z_1w$) | 楼子坝组($Z_1l$) | 迪口组($z_1d$) | |
| 元古界(Pt) | | | | 松木坞组($P_tsh$) / 上墅组($P_ts$) | | | | 麻源群($Z_1$—Pt) | | 不明 | |
| | | | | 虹赤村组($P_th$) | | | | | | | |
| | | | | 骆家门组($P_tl$) | | | | | | | |
| | | | | 双溪坞组($P_tsh$) | | | | | | | |

西北、浙东南—闽东南为华南地层区。区内地层发育比较齐全，自元古代以来，除早、中泥盆世缺失地层沉积外，余者各地质时代均有地层沉积。地层异地累计总厚度 9324.62~73260.5 米，其中第四系沉积层为 5~359 米。发育有海陆相二套地层，属槽盆海、陆表海、断坳陷盆地、火山盆地沉积，受控于槽台和大陆边缘活动带，地层特征南北有别（表 4–3–2）。

**表 4–3–2　浙闽地层概况表**

| 界 | 系 | 统 | 浙西北 | 浙中闽西北 | 浙闽东南部 | 分期厚度 | 岩类 | 沉积相 | 沉积环境 | 大地构造位置 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 新生界 | 第四系 | 全新统 | 5~359 | | | 5~359 | 沉积层 | 陆相 | 火山盆地、断坳陷盆地 | 大陆边缘活动带 |
| | | 更新统 | | | | | | | | |
| | 第三系 | 上第三系 | 缺失 | 5.35~898 | | 3768.95~35359 | 火山岩、沉积岩、变质岩 | | | |
| | | 下第三系 | 1078~1728 | 缺失 | | | | | | |
| 中生界 | 白垩系 | 上统 | 211~4269 | | | | | | | |
| | | 下统 | 887~7022 | | | | | | | |
| | 侏罗系 | 上统 | 627~14431 | | | | | | | |
| | | 中统 | 560~3037 | | | | | | | |
| | | 下统 | 135~1524 | | | | | | | |
| | 三叠系 | 上统 | 265.6~2450 | | | | | | | |
| | | 中统 | 剥蚀 | 1100~1289 | | 1140.97~10110 | 沉积岩、变质岩 | 海相 | 陆表海 | 地台 |
| | | 下统 | 399.97~716.67 | 1414~2976 | | | | | | |
| 上古生界 | 二叠系 | 上统 | 185~404 | 288~825 | | | | | | |
| | | 下统 | 298~1159 | 561~1574 | | | | | | |
| | 石炭系 | 上统 | 68~459 | 137~357 | | | | | | |
| | | 下统 | 48~136 | 182~500 | | | | | | |
| | 泥盆系 | 上统 | 142~375 | 544~2487 | | | | | | |
| | | 中统 | 缺失 | | | | | | | |
| | | 下统 | | | | | | | | |
| 下古生界 | 志留系 | 上统 | 1147.5~7157.1 | 剥蚀 | 不明 | 2549.7~16973.8 | 沉积岩、变质岩 | 海相 | 陆表海—槽盆海 | 地台—地槽 |
| | | 中统 | | | | | | | | |
| | | 下统 | | | | | | | | |
| | 奥陶系 | 上统 | 337~3111 | 582~2104 | | | | | | |
| | | 中统 | 30.6~151.3 | | | | | | | |
| | | 下统 | 152~1114 | 703.1~867.4 | | | | | | |
| | 寒武系 | 上统 | 140~1058 | 390~1189 | | | | | | |
| | | 中统 | 98~699 | 2296 | | | | | | |
| | | 下统 | 22.6~1040.5 | | | | | | | |
| | 震旦系 | 上统 | 90~806 | 446.9~1458 | | | | | | |
| | | 下统 | 532~2628 | 4464.5~9059.4 | | | | | | |
| 元古界 | | | 7293.3~10458.7 | 1860~9642 | | 1860~10458.7 | 变质岩 | 海相 | 槽盆海 | 地槽 |

1. 元古界（Pt）

出露于浙西北、浙中—闽西北等局部地区，包括 7 个地层单元。由变质火山岩夹沉积岩组成，属槽盆海沉积，受控于扬子—华南地槽。异地累计出露厚度 1860～10458.7 米。变质程度南北有别。

（1）浙西北地区　自下而上包括双溪坞组（ptsh）—上墅组／松木坞组（pts／ptsh）等 5 个地层单元。由浅变质火山岩、火山碎屑岩、复理石、磨拉石、杂砂岩等岩石建造组成，局部见细碧—角斑岩岩石建造。异地出露累计厚度 7293.3～10458.7 米。

火山岩、火山碎屑岩建造由中酸性、中基性安山岩、细碧—角斑岩、辉绿岩、辉石闪长岩、钠长霏细斑岩、流纹斑岩、凝灰岩等组成。复理石、磨拉石建造由片理化、千枚岩化的砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩等碎屑岩组成。低绿片岩变质岩相。为区域动力变质作用所致，局部为热流作用所致，局部分布混合岩。变质时期为元古代末晋宁褶皱运动。

产微古植物原始球藻。邻省江西德兴 Rb—Sr 法测得相当双溪坞组的全岩年龄 1401 百万年。

（2）浙中—闽西北地区　包括 2 个地层单元，由中浅—中深变质的复理石、火山复理石岩石建造组成。出露厚度 1860～9642 米。变质程度东西有别。

1）麻源群（$Pz^1$−Pt）　出露于闽西北，位于浙中—闽西北西部。为中浅变质的片岩、变粒岩、凝灰岩、凝灰质砂岩夹千枚岩，低绿片岩—高绿片岩变质岩相。为区域动力热流变质作用所致。变质时期为元古代末晋宁运动—早古生代末加里东褶皱运动。产微古植物原始球孢。K—Ar 法测定年龄 148.79～445.74 百万年，锆石 U−Pb 法测定年龄 864～1822 百万年。出露厚度 9642 米。

2）龙泉群—陈蔡群（pz′−pt）　龙泉群出露于浙中东南部，位于浙中—闽西北东部。为中深变质的片麻岩、片岩、浅粒岩、变粒岩、大理岩，高绿片岩—低角闪岩变质岩相。为区域动力、热流的强烈变质作用所致。变质时期为元古代末晋宁运动—早古生代末加里东褶皱运动。出露厚度 1860 米。

陈蔡群出露于浙中北部，位于浙中—闽西北东北部。为片岩、角闪岩、大理岩、变粒岩、浅粒岩、透辉岩、片麻岩夹混合岩，高绿片岩—高角闪岩变质岩相，为区域动力、热流的强烈变质作用所致。变质时期为元古代末晋宁运动—早古生代末加里东褶皱运动。全岩 Rb−Sr 法测定年龄 674～1813 百万年。出露厚度 8494 米。

麻源群、龙泉群、陈蔡群等三者之间的相互关系目前尚难确定。

2. 下古生界（Z−S）

出露于浙西北、浙中—闽西北，包括 4 系、11 统，44 个地层单元，由沉积岩、变质沉积岩夹火山岩组成，属陆表海—槽盆海沉积，受控于槽台。异地累计厚度 2549.7～16973.8 米。与下伏元古界地层呈不整合—整合接触，其内部多数为整合接触，仅个别地层单元间为假整合。地层分布具南北分异的槽台特点。

（1）浙西北地区　自下而上包括志棠组（$Z_1z$）—唐家坞组／茅山组（$S_{2-3}t$／$S_{2-3}m$）等 31 个地层单元，异地累计厚度 2549.7～17764.9 米，纵横向分布广泛。

由海相碳酸盐岩、钙硅质泥岩、类复理石等岩石建造组成，沉积较细。主要岩石为白云岩、藻白云岩、石灰岩、泥质灰岩、白云质灰岩、硅质岩；钙硅质泥页岩、粉砂质泥页岩、泥质粉砂岩、粉砂岩。砂岩分布于奥陶系上统—志留系各地层单元，以细砂岩为主。砾岩、砂砾岩仅分布于震旦系下统各地层单元。属扬子陆表海东南缘碳酸盐岩台地及其边缘—浅海

盆地沉积，受控于扬子加里东地台。其中：震旦系上统-奥陶系下统为碳酸盐岩—钙硅质泥岩岩石建造，属碳酸盐岩台地及其边缘—浅海盆地沉积，礁滩发育；奥陶系中上统为类复理石岩石建造，属类深海浊流沉积；志留系为细碎屑岩岩石建造，属浅海盆地—滨岸碎屑岩台地沉积（图 4-3-2）。

产微古植物、三叶虫、球接子、角石、笔石、腕足类、头足类、海百合茎、海林擒茎板、牙形石、介形虫、腹足类、棘皮类、瓣鳃类、珊瑚台鲜虫、板足鲎、鱼类等化石。

与下伏元古界地层为不整合，其内部多数为整合，仅个别为假整合。

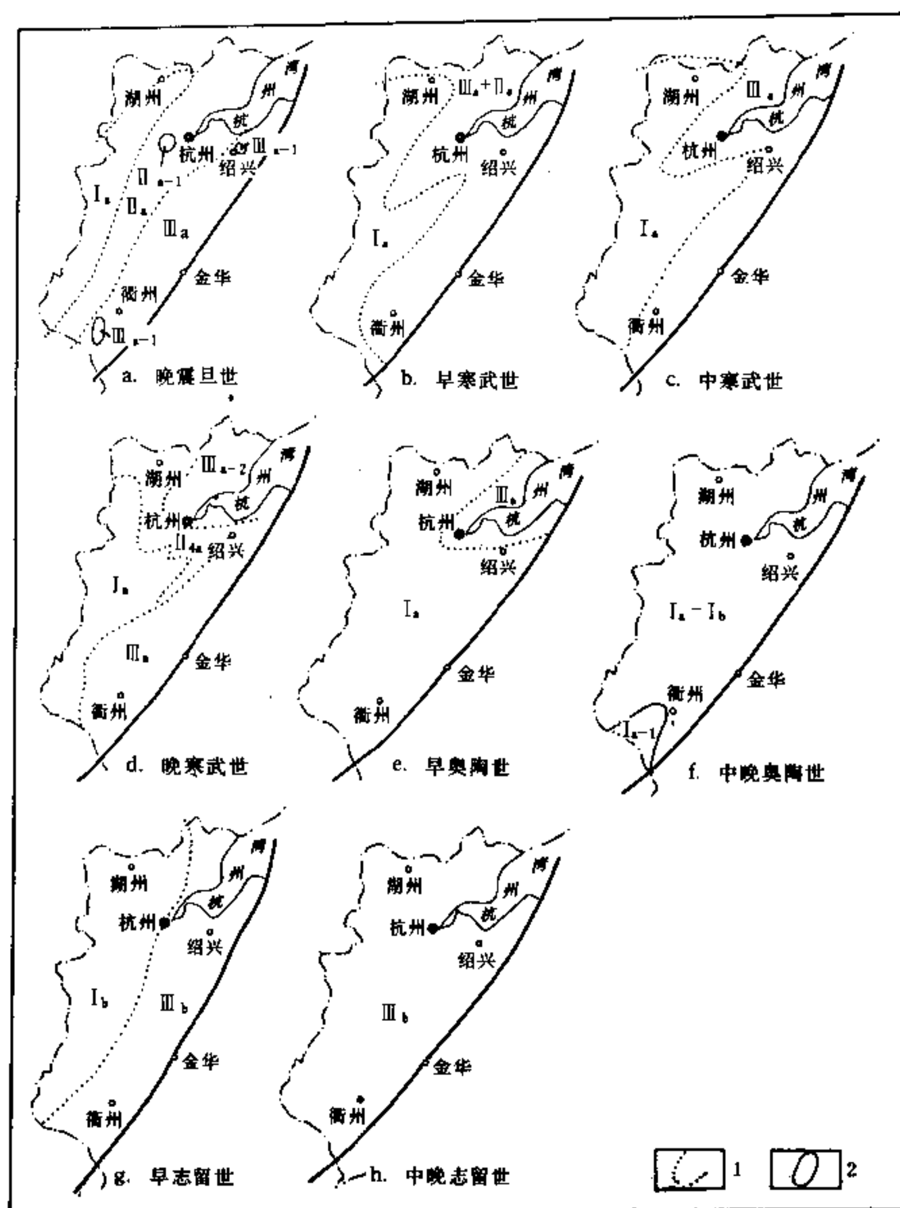



图 4-3-2 浙西北早古生代沉积相略图

$\mathrm{I}_a$、$\mathrm{I}_b$—浅海盆地；$\mathrm{II}_a$—台地边缘；$\mathrm{II}_{a-1}$—滩内藻礁；$\mathrm{II}_{4a}$—台地边缘斜坡；$\mathrm{III}_a$—碳酸盐岩台地；

$\mathrm{III}_{a-1}$—台内藻礁；$\mathrm{III}_{8a}$—局限海台地；$\mathrm{III}_b$—滨岸碎屑岩台地；1—相区带线；2—藻礁

(2) 浙中—闽西北地区　自下而上包括吴墩组／楼子坝组／迪口组（$Z_1w/Z_1l/Z_1d$）—罗峰溪群（$O_{2-3}lf$）等13个地层单元，异地累计厚度8882.5～16973.8米，纵横向分布比较广泛。未发现志留系，可能为加里东运动后已被剥蚀殆尽。

由中—浅变质的海相火山复理石、含火山复理石、复理石等岩石建造组成。主要岩石为变质砂岩、泥岩、火山角砾岩、凝灰质砂岩、凝灰岩、硅质岩；千枚岩、板岩；片岩、变粒岩。低绿片岩—低角闪岩变质岩相。为区域动力、热流的强烈变质作用所致，热流作用强烈、混合岩类分布广泛。变质作用贯串于整个早古生代及其末期的加里东褶皱运动。变质程度自西北往东南加深，发育有上虞—龙泉—松溪—南平和崇安—宁化二条醒目的变质岩带．属华南槽盆海沉积，受控于华南加里东地槽。

产微古植物、原始海绵骨针、几丁虫、笔石等化石。

与下伏元古界—下古生界麻源群地层及其内部各地层单元间均为整合。

*3. 上古生界—中生界（$D-T_2$）*

浙闽全区出露，包括4系、7统、34个地层单元，由沉积岩、变质沉积岩、火山岩组成，属陆表海—槽盆海沉积，受控于槽台。异地累计厚度1140.97～10110米。与下伏下古生界地层为不整合—假整合，其内部多数呈整合，个别为假整合。地层分布具有南北分异的槽台特点和变质程度的差异。

(1) 浙西北—闽西北地区　自下而上包括西湖组（$D_3x$）—安仁组（$T_2an$）等32个地层单元，异地累计厚度1140.97～10110米。其中：浙西北地区18个地层单元，异地累计厚度1140.97～3243.67米；闽西北地区14个地层单元，异地累计厚度4226～10110米。由于印支运动后长期抬升剥蚀，各地层单元零星残存分布，缺乏中下泥盆统沉积。

由海相碳酸盐岩、钙硅泥细碎屑岩、细碎屑岩、含煤细碎屑岩、粗碎屑岩、火山岩等建造的沉积岩和变质沉积岩组成。

沉积岩出露于浙西北地区。主要岩石为石灰岩、生物灰岩、鲕状灰岩、砂砾屑灰岩、藻灰岩、泥质灰岩、白云质灰岩、硅质灰岩、泥灰岩、白云岩、灰质白云岩、燧石结核、硅质岩；钙质泥岩、硅质泥岩、碳质泥岩、粘土、铝土质泥岩、钙质粉砂岩；砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、砂岩、粉砂岩、泥页岩、煤层，以及凝灰岩。属扬子陆表海东南缘碳酸盐岩台地（滨岸碎屑岩台地—海陆过渡区）及其边缘—浅海盆地沉积，受控于扬子—华南华力西—印支地台。其中：上泥盆统为粗碎屑岩建造，下石炭统、上二叠统下部（$P_2l$）为含煤细碎屑岩建造，属滨岸碎屑岩台地—海陆过渡区沉积；上石炭统、下二叠统、上二叠统上部（$P_2ch$）、下三叠统为碳酸盐岩—钙硅泥岩岩石建造，属碳酸盐岩台地及其边缘—浅海盆地沉积，滩丘发育；中三叠统业已剥蚀殆尽（图4-3-3）。

产植物、䗴、珊瑚、腕足类、腹足类、菊石、角石、瓣鳃类、三叶虫、介形虫、苔藓虫、牙形虫、有孔虫等化石。

与下伏下古生界地层呈假整合，其内部多数呈整合，仅个别地层单元间为假整合。

变质岩出露于闽西北地区。主要岩石为浅—轻微变质的石灰岩、生物灰岩、白云质灰岩、泥灰岩、硅泥质灰岩、白云岩、硅质岩；钙质泥岩、碳质泥岩、钙泥质粉砂岩；砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥页岩；火山岩。亚绿片岩—低绿片岩变质岩相。为区域动力变质作用所致，热流作用局部见及，混合岩分布局部。变质时期为三叠纪中世末的印支褶皱运动。变质作用自西向东递增，发育有政和—大浦变质岩带，其上见有局部分布的高绿片岩相变质岩相。属华南陆表海碳酸盐岩台地、滨岸碎屑岩台地—海陆过渡区的沉积，受控于扬子—华南

华力西—印支地台。其中，除石炭系上统、二叠系下统下部（$p_1q$）为碳酸盐岩岩石建造，属碳酸盐岩台地沉积外，余者均为粗碎屑岩、含煤细碎屑岩建造，属滨岸碎屑岩台地—海陆过渡区的沉积（图 4-3-4）。

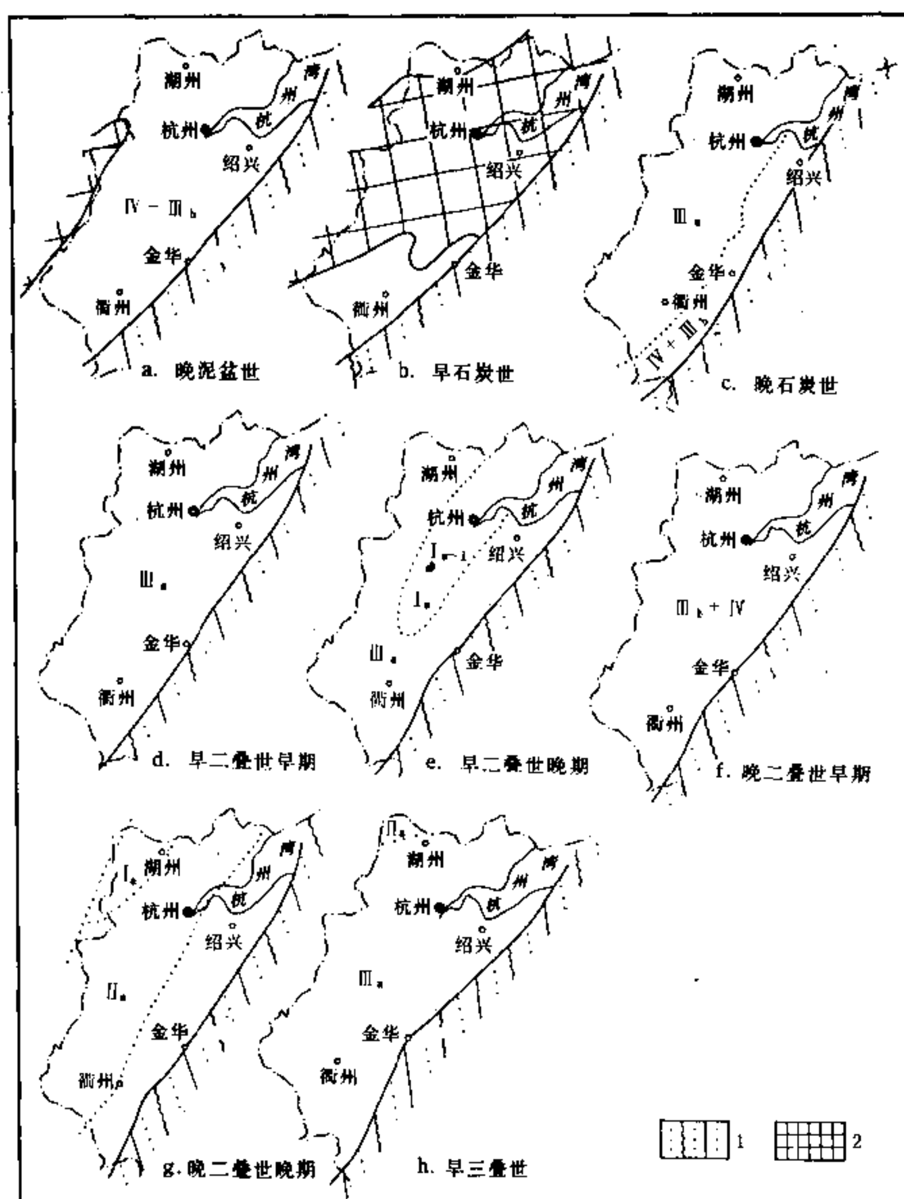



图 4-3-3 浙西北晚古生代（含早三叠世）沉积相略图

$I_a$—浅海盆地；$I_{a-1}$—盆内滩丘；$II_a$—台地边缘；$III_a$—碳酸盐岩台地；

$III_b$—滨岸碎屑岩台地；IV—海陆过渡区；1—山地；2—古陆

产植物、珊瑚、䗴、腕足类、海百合茎、台藓虫、腹足类、瓣鳃类、菊石、蛇尾等化石。

与下伏下古生界地层为不整合，其内部多数呈整合，仅个别地层单元间为假整合。

(2) 浙闽东南部地区　包括 2 个地层单元。其中：

石炭系（$C_1$-$C_2$）出露于闽东南局部地区。由变粒岩、片岩、石英岩夹变质石英砾岩、

砂岩组成，复理石韵律发育，底部具水下冲刷槽沟，并发育有同生角砾岩、同生揉皱层理、重荷印膜等。产䗴、腕足类、有孔虫等化石。出露厚度425～1400米。

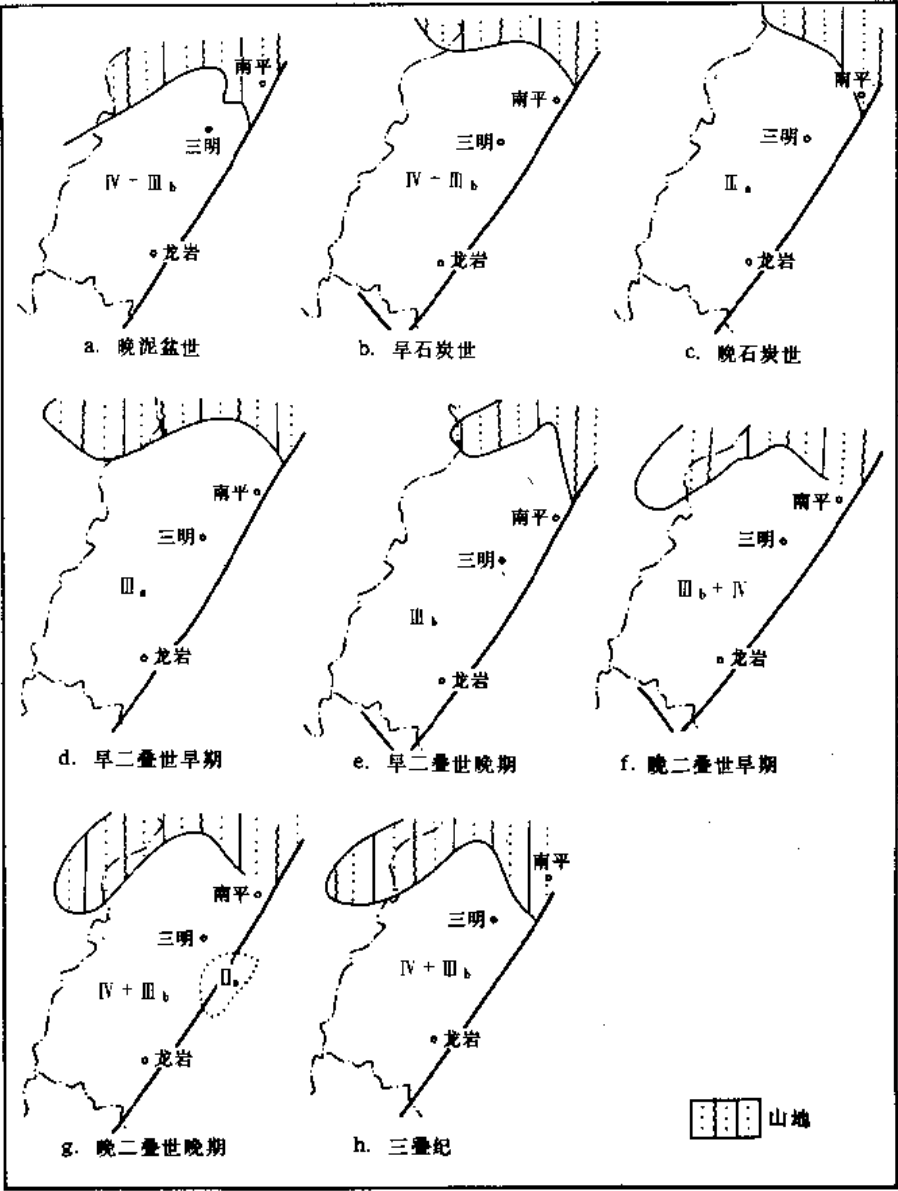



图4-3-4 闽西北晚古生代（含三叠纪早中世）沉积相略图

$Ⅲ_a$—碳酸盐岩台地；$Ⅲ_b$—滨岸碎屑岩台地；Ⅳ—海陆过渡区

鹤泪群（$D_3$-$P_1$）出露于浙东南西北部。为矽卡岩化的白云质大理岩夹变质砂岩、砂砾岩和千枚岩。出露厚度450米。

根据石炭系和鹤泪群的岩性及其沉积构造和变质程度推测，晚古生代—三叠纪中世，浙闽东南部及其沿海可能存在一个活动带，即华力西—印支地槽，属槽盆海沉积。

*4. 中生界—新生界（$T_3$-N）*

浙闽全区零星分布。自下而上包括大坑组（$T_3$d）—嵊县群／佛昙群（Nsh／Nft）等30个地层单元，异地累计厚度3768.95～35359米。由陆相火山碎屑岩、火山岩、含煤碎屑

岩、红色碎屑岩等岩石建造的沉积岩、火山岩、火山碎屑岩和变质岩组成。

沉积岩、火山岩、火山碎屑岩分布于浙闽广大地区。主要岩石为砂砾岩、砂岩、泥页岩、石灰岩（少量）、泥灰岩（少量）、含膏钙芒硝（少量）、岩盐（少量）、碳质页岩、煤层（线）；流纹岩、安山岩、玄武岩、橄榄玄武岩、火山角砾岩，凝灰质砾岩、角砾凝灰岩。属断坳陷—火山盆地沉积，受控于我国东南沿海大陆边缘活动带。其中：三叠系上统—侏罗系中统为含煤碎屑岩—局部夹火山碎屑岩岩石建造，属断坳陷盆地沉积；侏罗系上统为火山岩—火山碎屑岩岩石建造，属火山盆地沉积；白垩系为火山岩—火山碎屑岩—红色碎屑岩岩石建造，属火山盆地—断陷盆地沉积，火山盆地位于浙闽东南部，断陷盆地位于浙闽西北部；第三系为红色碎屑岩—火山碎屑岩—火山岩岩石建造，属断陷—火山盆地沉积（图4-3-5）。

产植物、瓣鳃类、叶肢介、腕足类、昆虫类、腹足类、菊石、介形类、轮藻、恐龙骨、龟类、孢粉、脊椎、虾、恐龙、恐龙蛋、鱼碎片、鹿骨、牙齿等化石。

与下伏不同层位的地层为不整合。其内部除侏罗系中统与上统、侏罗系与白垩系、白垩系与第三系、第三系与第四系间为不整合外，余者呈整合—假整合。

变质岩出露于闽东南沿海，属上三叠统—侏罗系（$T_3$-J）。主要岩石为片岩、石英岩、变粒岩、浅粒岩、混合花岗岩，低绿片岩—低角闪岩变质岩相。为区域动力热流变质作用所致，热流作用强烈，混合质变质岩和混合岩分布广泛。变质时期为侏罗纪末燕山褶皱运动。变质作用自西往东加深，发育有福清—云霄、平潭—东山等二个变质岩带。

*5. 第四系（Q）*

浙闽分布比较广泛，自下而上包括更新统—全新统（$Q_1$—$Q_4$）的18个地层单元，厚度5～359米。主要分布于山地丘陵和滨海平原地区。

山地丘陵区的第四系主要分布于河流两岸、山麓坡地的山间盆地及洞穴。沉积厚度几米～几十米，不同时期的沉积彼此叠置。为棕红色、棕黄色、暗棕色、灰黑色砂砾石、砾石、粘土砾石；亚粘土、粘土，其中灰黑色亚粘土中富含有机质。发现动物、古人类化石和古文化遗址的洞穴堆积物。

滨海平原区的第四系分布于浙闽东南沿海和杭州湾及杭嘉湖地区。沉积厚度及其分布较山地丘陵区大而广。由灰色、灰褐色、灰黑色淤泥质粉砂质亚粘土、粘土和泥炭组成，局部分布有砾石、粉细砂。富含有机质，产有孔虫、瓣鳃类等化石。发现有古人类文化遗址组成的文化层。

区内第四系为河流、河口、滩涂、海湾、湖盆、洞穴，局部夹有火山喷发沉积。

**三、岩浆岩**

浙闽地处我国东南部岩浆活动强烈的地区。分布有神功—晋宁、加里东、华力西—印支、印支—燕山、喜山等五期岩浆活动，纵横向分布广泛。以燕山期的岩浆活动最为强烈，分布最为广泛（表4-3-3；图4-3-6）。区内岩浆岩总面积46399平方公里，占浙闽陆地总面积的20.8%，形成我国东南沿海最为发育的岩浆岩区。

区内岩浆岩类型发育齐全，由幔源型、壳源型（同熔型）、过滤型（改造型）等三种基本类型的超基性、基性、中性、酸性、碱性、中基性、中酸性等岩类组成，以中酸性和酸性岩类占主导地位。区内不同时期的岩浆岩主要分布于陆壳活动强烈的地区，具有自西北往东南叠加推移和增强的时空分布特点。沿深大断裂带形成醒目的岩浆岩带和混合岩带。

*1. 神功—晋宁期岩浆岩*

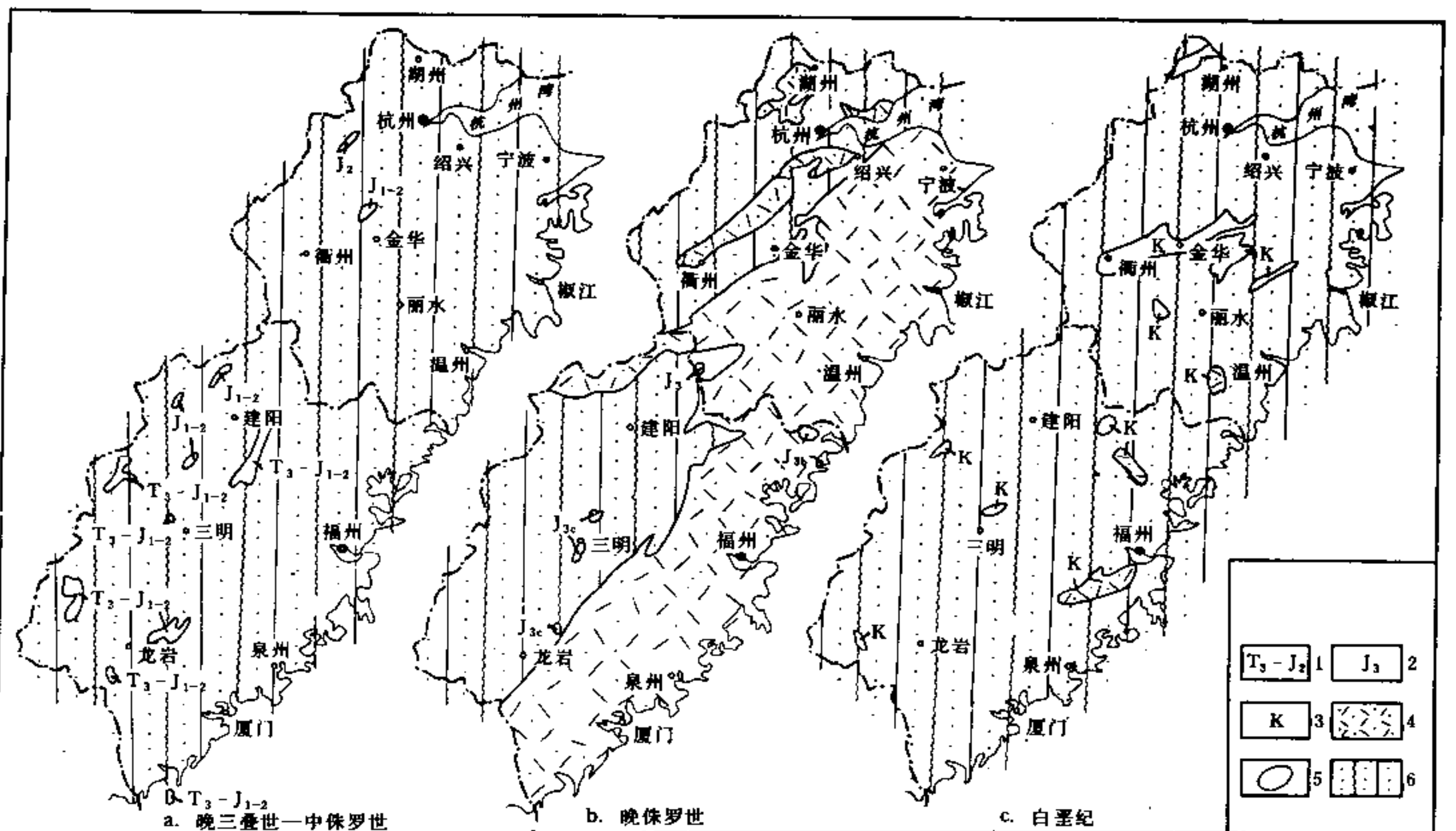



图 4-3-5　浙闽印支—燕山期（$T_3$—K）残存盆地分布略图

1—印支—燕山早期盆地；2—燕山中晚期盆地；3—燕山晚期盆地；4—火山岩或火山盆地；5—沉积岩盆地；6—山地

**表 4-3-3　浙闽岩浆岩概况表**

| 岩浆活动期 | | 地质时代 | 分布地区 | 面积 ($km^2$) | 主要岩类 | 产出形态 | 侵入层位 | 围岩蚀变 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 喜山期 | | Q<br>\|<br>E | 浙中—闽西北和浙闽东南部及其沿海 | 浙江：2.6<br>福建：21.8<br>合计：24.4 | 基性<br>超基性<br>碱性超基性 | 小岩枝<br>小岩瘤<br>岩脉 | K<br><br>J | |
| 印支—燕山期 | 晚期 | K | 浙闽全境以浙中—闽西北和浙闽东南部及其沿海为发育 | 浙江：1069.27<br>福建：7564.5<br>合计：8633.77 | 超基性<br>基性<br>中性<br>中酸性<br>酸性<br>酸偏碱性 | 岩枝<br>岩株<br>岩墙<br>岩基<br>(以岩株为主) | AnD<br>s<br>$T_1$–J<br>K | 围岩蚀变明显，以角岩化为最普遍。蚀变宽度小者 50–300m，大者 2km |
| | 早期 | J<br>\|<br>$T_3$ | | 浙江：3483.17<br>福建：27373<br>合计：30856.17 | 基性<br>中酸性<br>酸性<br>(以中酸性、酸性为主) | 岩枝<br>岩株<br>岩床<br>岩墙<br>岩基<br>(以岩株为主) | Pt<br>Z<br>€<br>O<br>S<br>J | 围岩蚀变明显,以角岩化为最普遍。蚀变宽度小者 10–15m 中者 100–200m 大者 1–1.5Km |
| 华力西—印支期 | | T<br>\|<br>D | 浙中—闽西北，浙西北局部见及 | 浙江：104.7<br>福建：1541.08<br>合计：1645.78 | 基性<br>中酸性<br>酸性<br>(以中酸性、酸性为主) | 岩枝<br>岩瘤<br>(个别为岩基) | Pt<br>Z<br>€<br>C<br>P<br>T | 围岩蚀变明显，以角岩化为最普遍 |
| 加里东期 | | S<br>\|<br>Z | 浙中—闽西北 | 浙江：95.125<br>福建：367.8013<br>合计：462.9263 | 超基性<br>酸性<br>(以酸性为主) | 岩株<br>岩基 | $P_7^1$<br>Z–0 | 围岩蚀变明显，为蛇纹石化、绿泥石化、透闪石化、滑石化 |
| 神功—晋宁期 | | Pt | 浙西北 | 443.6 | 基性—中酸性、中酸性、酸性 | 岩枝<br>岩株<br>岩墙<br>岩基 | Pt | 围岩蚀变轻微 |

分布于浙西北元古地槽区，出露于江山—绍兴深断裂带西北侧，由基性、中酸性、酸性岩类组成。岩体较小，单体面积 0.2～189.3 平方公里，总面积 443.6 平方公里。呈岩枝、岩株、岩墙、岩基产出。侵入于元古界各地层单元。围岩蚀变轻微。

*2. 加里东期岩浆岩*

往东南推移至浙中—闽西北加里东地槽区，沿崇安—石城和嵊泗—庆元、政和—大埔深断裂带，形成崇安—宁化和上虞—龙泉—政和—南平二条醒目的侵入岩带。由超基性和酸性岩类组成，以酸性岩类为主。岩体较多而大小相间，以小为主。单体面积 0.07～222 平方公里，以 0.07～3.5 平方公里为主，总面积 462.9 平方公里。呈岩株、岩枝产出，个别为岩基、岩墙。侵入于元古界—下古生界各地层单元。超基性岩类围岩蚀变明显，主要为蛇纹石化、绿泥石化、滑石化。浙西北加里东地台区迄今尚未发现加里东期岩浆岩。

*3. 华力西—印支期岩浆岩*

继续往东南叠加推移至台湾岛东部的太鲁阁和玉里岩浆岩带。区内分布于浙中—闽西北

华力西—印支地台区，包括华力西期和印支期的岩浆岩。沿浦域—武平和政和—大埔深断裂带，形成顺昌—迳美和政和—大浦二条醒目的侵入岩带。由基性、中酸性、酸性岩类组成，以中酸性、酸性岩类为主。岩体较多而大小相间，单体面积0.3～997.2平方公里，多数为4～28.4平方公里，总面积1645.78平方公里。多呈岩枝、岩瘤产出，个别为岩基。侵入于元古界、下古生界、上古生界及二叠系下统各地层单元。围岩蚀变明显，为角岩化、绢云母化、黄铁矿化、硅化、矽卡岩化，以角岩化为主。浙西北华力西—印支地台区的岩浆岩极少，仅个别见及。

*4. 印支—燕山期岩浆岩*

图 4-3-6 浙闽岩浆岩分布略图

1—神功—晋宁期；2—加里东期；3—华力西期；4—印支期；

5—印支—燕山早期；6—印支—燕山晚期；7—喜山期

广泛分布于浙闽地区。纵横向分布广泛。区内岩浆活动划分为早晚二期、五个阶段，为历次岩浆活动中时间最长、次数最多、规模最大的一期岩浆活动。岩浆岩沿北东向、北北东向断裂带分布，形成有福建崇安黄村—建宁陈岭、浦城外墩—长汀河田、建瓯旧镇—上抗古田、寿宁斜滩—南靖金山、连江黄坡—诏安龙伞岫、浙江象山—温州、奉化—龙泉、常山—桐庐、顺溪—吴兴等 9 条北东向岩浆岩带，和福建光泽新甸—将乐杨厝、浦城永兴—松溪大源等 2 条北北东向岩浆岩带。由超基性、基性、中性、酸性、中酸性等岩类组成。岩体众多、大小相间，多期多阶段岩体互相复合，成片分布。单体面积 0.28～1429.5 平方公里，以 10～98 平方公里为主（表 4–3–4），总面积 39489.9 平方公里。呈岩枝、岩株、岩床、岩墙、岩基产出，以岩株为主。

印支—燕山早期岩浆活动位于三叠纪晚世—侏罗纪，包括晚三叠世—中侏罗纪、晚侏罗纪早期、晚侏罗纪晚期等三个阶段。其中晚侏罗纪晚期为区内岩浆活动的顶峰，北东向、北北东向发育的岩浆岩带主要形成于此一阶段。岩体总面积 30856 平方公里，占印支—燕山期岩浆岩的 78%。

**表 4–3–4　浙闽印支—燕山期岩浆岩面积统计表**

| 时期 | 面积区间($km^2$) | <1 | 1～10 | 10～100 | 100～1000 | >1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 早期 | 面积区间($km^2$) | 0.69～0.93 | 1～9.5 | 10～98 | 124.2～519.6 | 1351.4～1429.5 |
| | 岩体数(个) | 4 | 31 | 59 | 24 | 2 |
| | 岩体百分比(%) | 3.33 | 25.83 | 49.17 | 20 | 1.67 |
| 晚期 | 面积区间($km^2$) | 0.28～0.94 | 1～9.69 | 10～96.81 | 101～179.4 | |
| | 岩体数(个) | 8 | 35 | 56 | 12 | |
| | 岩体百分比(%) | 7.21 | 31.53 | 50..45 | 10.81 | |
| 合计 | 面积区间($km^2$) | 0.28～0.94 | 1～9.69 | 10～98 | 101～519.6 | 1351.4～1429.5 |
| | 岩体数(个) | 12 | 66 | 115 | 36 | 2 |
| | 岩体百分比(%) | 5.19 | 28.57 | 49.78 | 15.58 | 0.87 |
| 资料来源 | | 据浙闽地质志提供的 231 个岩体资料统计 | | | | |

印支—燕山晚期岩浆活动发生于白垩纪，包括早白垩世和晚白垩世二个阶段，以早世为主。岩体总面积 8633.8 平方公里，占印支—燕山期岩浆岩的 21.8%。

印支—燕山期不同阶段的岩浆岩分别侵入于元古界、下古生界、上古生界、中生界等各地层单元中，围岩蚀变明显，以角岩化最为普遍。蚀变带宽度小者 10～15 米（三山岩体），中者 50—300 米（姜德、顶城、四都、新村岩体），大者 1～2 公里。

*5. 喜山期岩浆岩*

出露较少，分布于浙中—闽西北和浙闽东南沿海喜山山地区。沿江山—绍兴深断裂带东南侧和浦城—长汀、政和—大埔、长乐—南澳等深断裂带零星出露。由超基性和碱性超基性岩类组成。岩体总面积仅 24.4 平方公里。呈小岩枝、小岩瘤和岩脉产出。侵入于侏罗—白垩系各地层单元。

## 第二节 构 造

浙闽位于我国东部幔隆区，地壳厚度31.5～39公里。由晋宁、加里东、印支褶皱组成基底，印支期海相沉积和印支—喜山陆盆组成盖层。具有多旋回发展的构造特点及其北西—南东向叠加推移的分布规律。

### 一、地球物理场特征

重磁场和地震波动场均为地壳结构及其地质构造特征的反映。区内地球物理场特征比较清楚，南北分异明显。

深部重力场由正负异常和梯度带组成，以负异常为主。北东—北东东向展布，与构造线基本一致。负异常分布于浙中—闽西北地区，最低值小于−70毫伽，位于连城、泰顺—寿宁一带。正异常位于浙西北地区，最高值大于+15毫伽，分布于嘉兴地区。梯度带有2个，浙闽东南部及其沿海梯度带，呈北东向，长度750多公里、宽度60～100公里，异常值自西而东由−40至+25毫伽，梯度0.64～1.27毫伽／公里；金华—江山梯度带，北东东向展布，长度200多公里，宽度20～30公里；异常值自南而北由−35至+10毫伽，梯度0.93～1.875毫伽／公里。

磁场为中—低异常区，呈北东向展布。异常值100～400伽马以上，其中：浙西北为低磁异常区，磁场较平稳，多在100～150伽马以下。浙中—闽西北和浙闽东南部及其沿海为中磁异常区，磁异常值多在100～400伽马，正负跳动剧烈、频繁、梯度变化大，磁异常轴向多变。

### 二、深部构造

浙闽深部构造为我国东部幔隆区的组成部分，处于大陆隆起带的边缘。由幔坳区、幔隆区、幔坡区等组成，以幔坳区为主，呈北东向展布。莫霍面最大深度39公里，位于福建连城一带；最小深度小于31.5公里，位于浙江杭州湾以北地区（图4−3−7）。

根据浙闽莫霍面等深线略图，区内深部构造划分为3个区。

*1. 浙中—闽西北幔坳区*

位于浙中—闽西北，往西南延至江西、广东境内，长度650多公里。莫霍面深度34～39公里，自东北往西南降低，呈箕状。分布有庆元、南平、连城等3个幔坳，莫霍面深度分别大于39公里、38公里、38.8公里。

*2. 浙西北幔隆区*

位于浙西北，往西南延至江西境内。长度300多公里。莫霍面深度31.5～35公里，由东北往西南降低，呈鼻状。

*3. 浙闽东南部幔坡区*

位于浙闽东南部及其沿海，其西北部与浙中—闽西北幔坳区相连，往东入东海，往南延至广东境内。长度725多公里，宽度100～125公里。莫霍面深度38.2～36公里，梯度220～176米／公里，呈宽带状。

### 三、基底构造

浙闽基底构造由晋宁、加里东、印支等多期褶皱组成，其分布由西北往东南叠加推移（图4−3−8）。

*1. 晋宁期褶皱基底*

形成于元古代末的晋宁运动，由元古代扬子—华南地槽的变质岩组成，浙闽全区分布。

浙西北由元古界浅变质岩组成，为扬子加里东地台基底的组成部分。大部地区深埋地腹，仅在江山—绍兴深断裂带西北侧零星出露，组成寿昌—临浦复背斜带。复背斜带呈北东65°展布，长约225公里；轴部出露双溪坞组（Ptsh），西北翼由骆家门组（Ptl）、虹赤村组（Ptl）、上墅组（Pts）组成，东南翼为断层所切；拱部小褶皱发育，为略向南东倾斜的紧密线型褶皱（图4—3—9）。

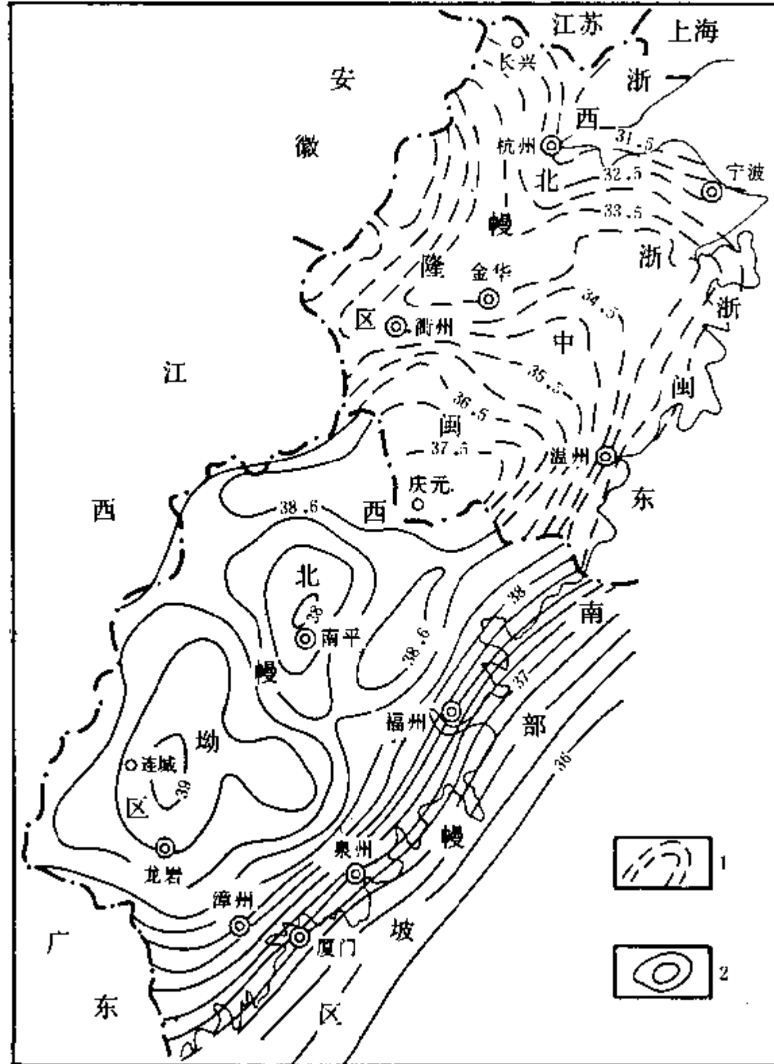



图4—3—7　浙闽莫霍面等深线略图

1—未经深度校正莫霍面等深线（km）；2—经深度校正莫霍面等深线（km）

浙中—闽西北由元古界浅—深变质岩组成，为华南后加里东地台下基底的组成部分。大部地区深埋地腹。浙中局部地区出露的陈蔡群、龙泉群均呈断块状零星出露，形态不清。闽西北出露的麻源群与上覆下古生界地层呈整合—假整合。

浙闽东南部及东海为元古界深变质岩组成，为浙闽东南部大陆边缘活动带下基底的组成部分。深埋地腹，面貌不清。

*2. 加里东期褶皱基底*

叠加推移至浙中—闽西北及浙闽东南部和东海地区。形成于早古生代末的加里东运动，由加里东期华南地槽的变质岩组成。

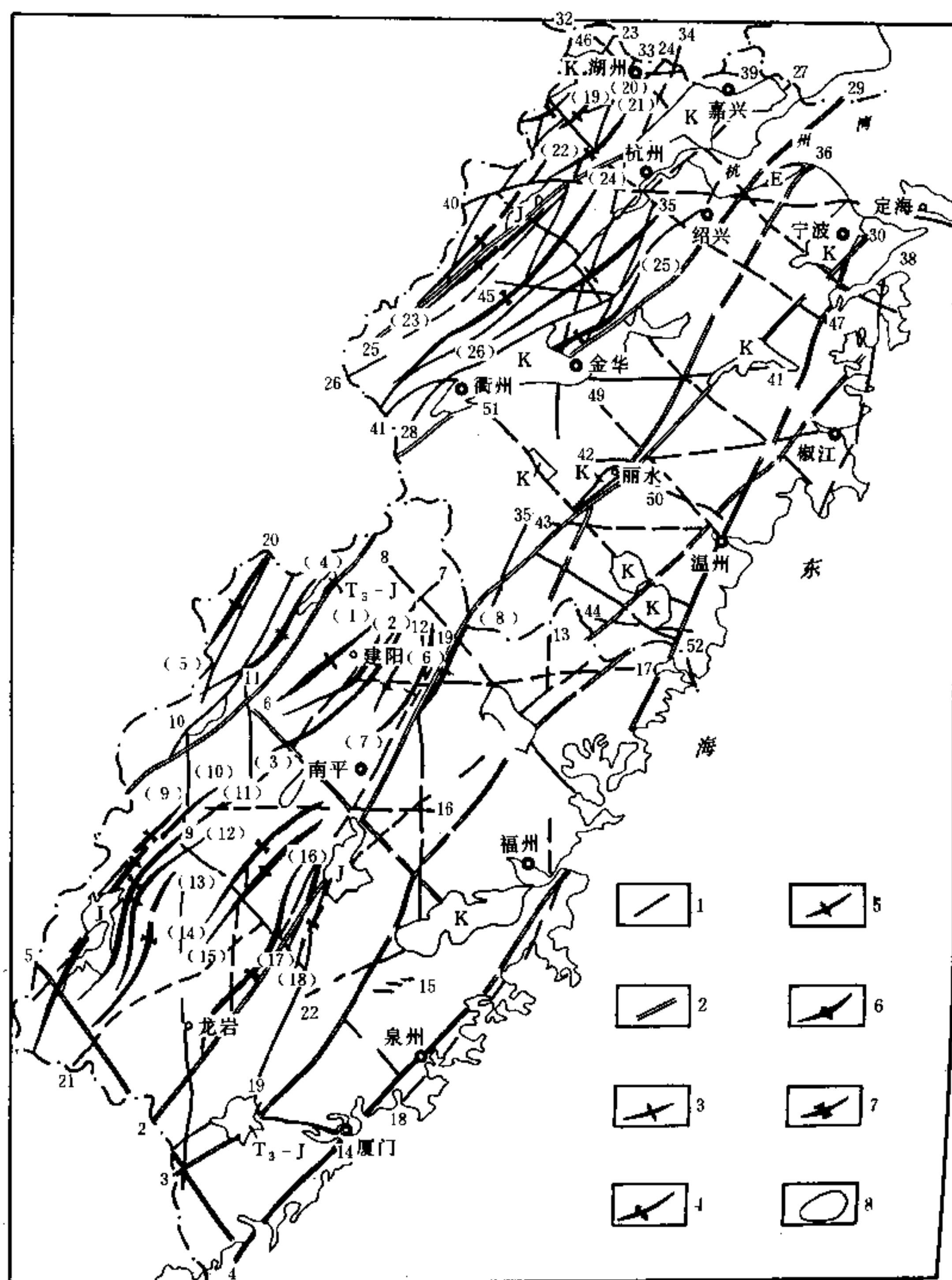



图 4-3-8　浙闽构造纲要略图

1—大断裂带；2—深断裂带；3—晋宁期背斜带；4—加里东期背斜带；

5—加里东期向斜带；6—印支期背斜带；7—印支期向斜带；8—中、新生代盆地

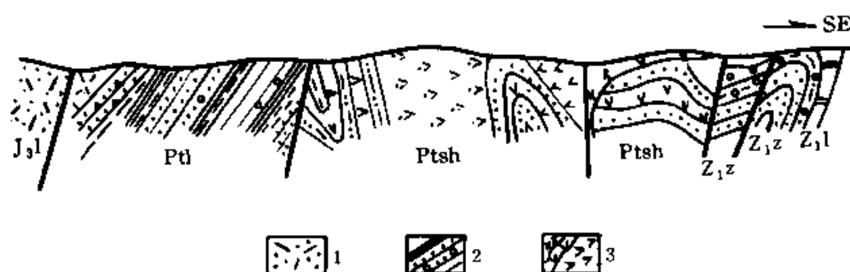



图 4-3-9　浙江富阳晋宁褶皱构造横剖面图

1—火山凝灰岩；2—砂、页、砾岩含碳沥青；3—火山岩、喷出岩

浙中—闽西北由下古生界浅—中变质岩组成，为华南后加里东地台上基底的组成部分。大部地区为中生代盆地和火山岩覆盖，仅在闽西北西北部出露。根据资料（表 4-3-5；图 4-3-10），区内加里东褶皱基底主要由线形不对称复背斜、向斜带组成，呈北东向展布，部分呈弧形向东南突出；长度 40～210 公里，宽度 10～40 公里，剥露层位震旦系—寒武系；两翼地层倾角 20°～75°，东南翼局部侧转，次级构造发育；后期改造强烈，断裂众多，构造极为破碎复杂。

**表 4-3-5　闽西北加里东褶皱数据表**

| 褶皱带名称 | 图上编号 | 分布地区 | 方向 | 长度(km) | 宽度(km) | 出露地层 | | 地层倾角 | 次级构造 | 后期构造 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 核部 | 两翼 | | | |
| 五峰岗—卫闽复背斜带 | (1) | 建阳<br>邵武 | 北东 | 90 | 30～40 | $Zm^{1-2}$ | WN: $Zm^{3-4}$<br>ES: $Zm^3$ | 东北段：55°以上<br>西南段：略缓 | 发育 | 强烈 |
| 南岭—洪墩复向斜带 | (2) | 建阳<br>邵武 | 北东—北北东（呈弧形东南突出） | 90 | 10 | $Zm^3$ | $Zm^2$ | 30°～40°<br>（东南翼局部倒转） | 发育 | 强烈 |
| 寺坑—枫溪复背斜带 | (3) | 枫溪<br>松溪 | 同上 | 210 | 10～30 | $Zm^{1-3}$ | $Zm^{2-4}$<br>\|<br>$Z_1W$ | 50°以上 | 发育 | 强烈 |
| 五福羊—神下复向斜带 | (4) | 邵武<br>泰宁 | 同上 | 130 | 25 | $Pz^1$ | ES: $Z_{1-2}$<br>WN: $Z_1$ | ES: 55°～75°<br>（局部倒转）<br>WN: 50°～60° | 发育 | 强烈 |
| 新甸—里心复背斜带 | (5) | 光泽<br>\|<br>建宁 | 北东 | 170 | 30 | $Zm-Z_1$ | $Z_2-Pz^1$ | 40°～60° | | 强烈 |
| 建瓯复向斜带 | (6) | 建瓯 | 北东 | 40 | 14 | $Z_1l$ | $Z_1d$ | 35°～55° | 发育 | 强烈 |
| 洋墩—南雅复背斜带 | (7) | 松溪<br>\|<br>建瓯 | 北东—北北东（略呈弧形东南突出） | 80 | 14 | $Z_1d$ | $Z_1l$ | 20°～40° | | 强烈 |
| 政和—大岭复向斜带 | (8) | 政和<br>\|<br>建瓯 | 北东 | 150 | 10～20 | $Z_2$<br>\|<br>$Pz^1$ | $Z_1d$ | 轴部：30°～40°<br>两翼：50°以上 | | 强烈 |

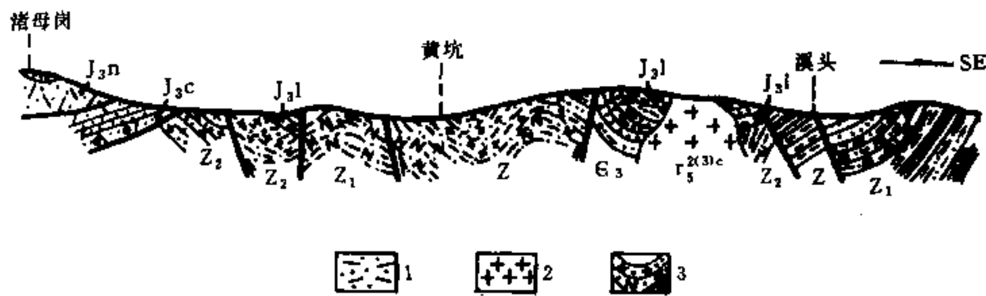



图 4-3-10　福建光泽渚母岗—邵武溪头加里东褶皱构造横剖面图

1—火山岩；2—花岗岩；3—震旦系沉积岩

浙闽东南部和东海地区的加里东褶皱基底为浙闽东南部大陆边缘活动带中基底的组成部分，为中、新生代盆地和火山岩覆盖，面貌不清。

*3. 印支期褶皱基底*

叠加推移至浙闽东南部直至台湾岛。形成于中生代三叠纪中世末的印支运动，由华力西—印支期浙闽东南部及其沿海活动带的变质岩组成，为浙闽东南部大陆边缘活动带上基底的组成部分。大部地区为中新生代火山岩及其火山盆地覆盖，仅在局部地区出露，为形态比较复杂的褶皱。此外，在台湾岛东部见有印支褶皱基底的出露，由石炭、二叠系大南澳群和三叠系玉里组的变质岩组成，为北北东向褶皱构造。

**四、盖层构造**

浙闽盖层构造由印支期褶皱和印支—喜山期盆地组成。浙闽全区分布，同期盖层构造南北有别。

*1. 印支期褶皱*

分布于浙西北和浙中—闽西北，南北有别。

(1) 浙西北印支期褶皱　不整合于晋宁期褶皱基底之上，由震旦系—三叠系中统海相沉积岩组成，为加里东期和华力西—印支期扬子陆表海区地台型沉积的组成部分。

印支期盖层褶皱在西部广泛出露，北部则为印支—喜山期盆地所覆盖，零星出露。根据资料（表 4-3-6；图 4-3-11）：区内印支褶皱主要由线形不对称复背斜、向斜带组成，北东向展布，多数呈弧形向东南突出，长度 60～250 公里，宽度 15～40 公里。剥露层位震旦系—下三叠统，以震旦系—志留系为主。多级次的构造发育，轴向以北东为主，地层倾角 15°～80°　局部侧转，多数轴面倾向北西。后期改造强烈，断裂、岩体发育，构造破碎复杂。

(2) 浙中—闽西北印支期褶皱　不整合于加里东期褶皱基底之上，由泥盆系—三叠系中统浅变质岩组成，为华力西—印支期华南陆表海区地台型沉积的组成部分。

印支期盖层褶皱仅在闽西北西南部和东部零星出露，其余地区被剥蚀或为印支—燕山期盆地所覆盖。根据资料（表 4-3-7）：区内印支褶皱主要由弧形不对称复式背、向斜带组成；北东—北北东向展布，轴线弯曲，多数呈北西突出的弧型或 S 型；长度 70～210 公里，宽度 5～50 公里；剥露层位泥盆系—三叠系，个别为下古生界。两翼地层倾角 30°～45°，局部倒转；复向斜带东南翼陡、西北翼缓，复背斜带西北翼陡、东南翼缓，轴面倾向以南东为主；多级次的构造发育，倒转褶皱分布普遍，小褶皱异常发育；后期改造十分强

烈，断裂、岩体发育，构造极为破碎、复杂。区内印支褶皱变化，由西北往东南，由简单到复杂。

*2. 印支—喜山期盆地*

浙闽全境分布，包括印支—燕山早期（$T_3$—$J_2$）、燕山晚期（$J_3$）、燕山末期（K）、喜山期(E—N)等四期成盆期所形成的盆地及其叠加组合盆地。根据资料统计，区内共有 622 个

**表 4-3-6　浙西北西部印支褶皱带数据表**

| 褶皱带名称 | 图上编号 | 分布地区 | 方向 | 长度 km | 宽度 km | 出露层位 | | 次级构造 | | | | 后期改造 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 核部 | 两翼 | 发育程度 | 轴向 | 地层倾角 | 轴面倾向 | |
| 鱼村—麻车埠复向斜带 | (22) | 开化—临安 | 北东 50°（略呈弧形东南突出） | 150（可见） | | C—S | WN：Z<br>ES：断缺 | 发育，西北翼分布有 9 个主要背向斜构造 | NE—NNE 呈弧形东南突出 | 20°～75° 局部倒转 | 多数 NW | 强烈 |
| 龙源头—印渚埠复背斜带 | (23) | 开化—临安 | 北东 | 175（可见） | 13（残存） | Z | WN：断缺<br>ES：Є—O | 发育，东南翼分布有 5 个主要背、向斜构造 | NE：45°～50° | 30°～80° 个别倒转 | 多数 NW | 强烈 |
| 华埠—新登复向斜带 | (24) | 开化—富阳 | 北东（略呈弧形东南突出） | 250 | 15—40 | | WN：O—D<br>ES：Z—P | 发育，据不完全统计分布有 50 个背向斜构造 | NE：40°～55° | 15°～70° 个别倒转 | 多数 NW | 强烈 |
| 江山—诸儿复向斜带 | (25) | 江山—诸暨 | 北东—北北东（呈弧形东南突出） | 250 | | $PZ^2$ | $PZ^1$ | 发育，分布有 4 个主要背向斜构造 | NE：30°～55° | 25°～75° | | 强烈 |
| 杭核—长兴复向斜带 | (19) | 安吉—长兴 | 北东东—北东（呈弧形东南突出） | 60 | | $O—T_1$ | | 发育，分布有 4 个主要背向斜构造 | NE：40°～50° | 15°～70° 局部倒转 | 多数 SE | 强烈 |
| 学川—白水洋复背斜带 | (20) | 安吉 | 北东 50°（略呈弧形东南突出） | 90 | | Z | C—O | 发育 | | | | 强烈 |
| 于潜—三桥埠复向斜带 | (21) | 临安—德清 | 北东（略呈弧形东南突出） | 75（可见） | | O—S | | 发育，分布有 4 个主要背、向斜构造 | NE：15°～45° | 25°～65° 两翼基本对称 | | 强烈 |

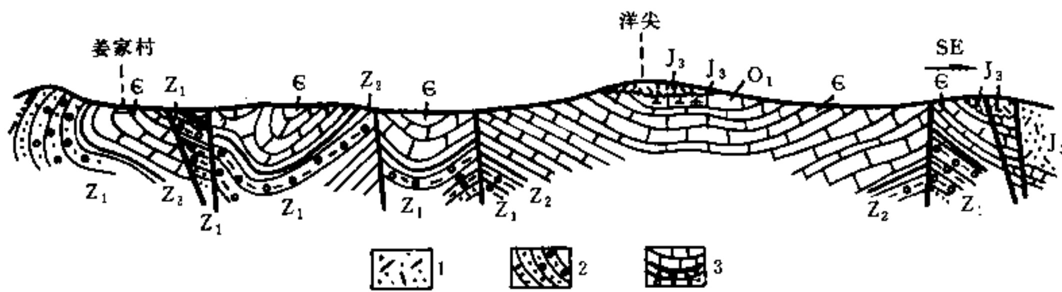



图 4-3-11　浙江淳安鲁村—麻车埠印支复式向斜褶皱构造横剖面图

1—火山岩；2—砂、砾岩；3—寒武系灰岩、震旦系砂砾岩

残存盆地，总面积42446.5平方公里。单盆面积从小于一平方公里至3500平方公里，其中面积小于200平方公里的为578个，占92.9%，以小盆地为主。

表4-3-7 闽西南印支褶皱带数据表

| 褶皱带名称 | 图上编号 | 分布地区 | 方向 | 长度(km) | 宽度(km) | 出露层位 | | 地层倾角 | 次级构造 | 后期改造 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 核部 | 两翼 | | | |
| 泉上—长汀复向斜带 | (9) | 明溪｜长汀 | NE40° | 100 | 5～10 | P–C | C–D | 35°～45° | 发育 | 强烈 |
| 清流—武平复背斜带 | (10) | 清流｜武平 | 北北东–北东，略呈弧形北西突出 | 210 | 6～20 | $Pz^1$ | $Pz^2$ | | | 强烈 |
| 明溪—龙井复向斜带 | (11) | 明溪｜上杭 | 北东–北北东–北东，呈S形北西突出 | 200 | 5～15 | P–C | C–D | | 发育 | 强烈 |
| 宣和复背斜带 | (12) | 明溪｜上杭 | 同上 | 150 | 10～12 | | C–D | 40°～60° | | 强烈 |
| 连城—上杭复向斜带 | (13) | 连城｜上杭 | 同上 | 120 | 5 | P–C | D | WN: 45°以上 ES: 30° | | 强烈 |
| 沙县—永安复向斜带 | (14) | 沙县｜永安 | 北东略呈弧形北西突出 | 140 | 10 | P–C | C–D | | | 强烈 |
| 南平—方安复背斜带 | (15) | 南平｜永安 | 北东，略呈弧形北西突出 | 170 | 10 | $Pz^1$ | C–D | | | 强烈 |
| 广平—龙岩复向斜带 | (16) | 三明｜龙岩 | 北北东–北东–北北东–北东，S形东南突出 | 180 | 17～50 | $T_2$–P | C–D | | 发育 | 强烈 |
| 太平—长塔复背斜带 | (17) | 龙溪｜大田 | 北北东 | 70 | 14 | C–P | P–T | | 发育 | 强烈 |
| 大田复向斜带 | (18) | 大田 | 北北东 | 120 | 10 | $T_1$ | $P_2$ | | | 强烈 |

区内印支—喜山期的各期盆地为中国大陆边缘活动带的产物，其发生发展受基底构造、断裂和火山活动的控制。沿北东向、北北东向、北东东向、北西向、近东西向等断裂带发育有断坳陷盆地和火山盆地等两类基本类型的盆地。断坳陷盆地受基底断坳陷活动的控制，由碎屑岩夹火山碎屑岩、泥页岩、盐膏岩等岩石建造组成，如浙江永康、金衢、长河等盆地。火山盆地受基底断坳陷活动和火山喷发的控制，由火山岩、火山碎屑岩夹碎屑岩、泥页岩等岩石建造组成，如浙江文成盆地（图4–3–12）。

各期盆地在其发生发展过程中，活动性大、多快速堆积和火山岩喷发，成盆期短，发育阶段性差，多数盆地缺乏稳定的坳陷发展阶段。各期盆地间缺乏继承性，具有不规则叠加组合的纵横向分布特点，组合盆地中各期盆地的数目因地区和剥蚀程度的不同而异。

盆地基底由晋宁期、加里东期、印支期等不同时期的褶皱和变质岩、岩浆岩、沉积岩等

组成。盆地构造形变以断裂为主，形成各种断块构造。褶皱构造比较简单，以向斜、单斜为主。局部见有背斜、鼻状背斜，地层倾角 15°～40°，倒转现象少见。盆地内同期或后期的岩浆岩分布普遍，由基性、超基性、偏碱超基性、中性、酸性等岩类组成，以中酸性岩类为主。

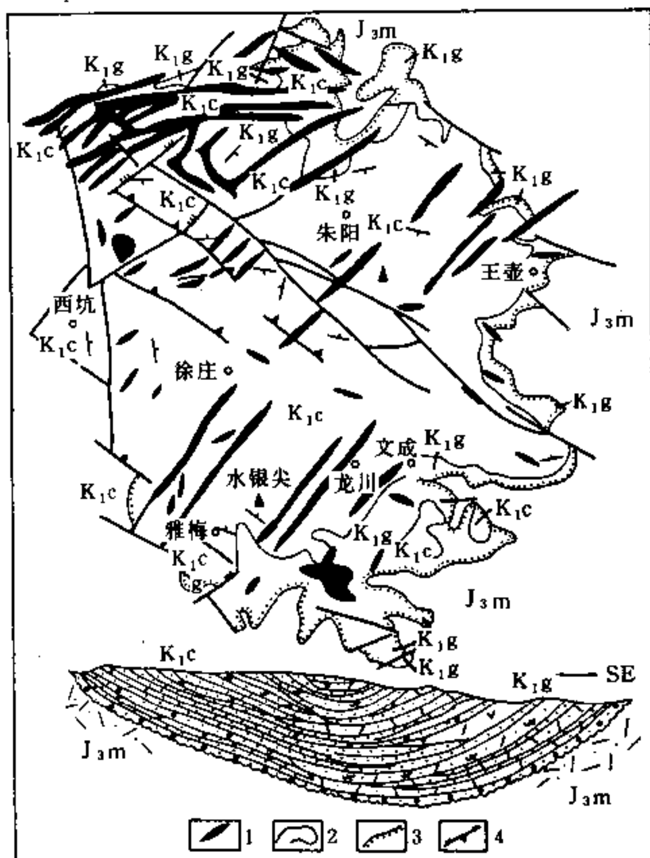



图 4-3-12　文成盆地略图

1—岩体（脉）；2—地层界线；3—地层超覆线；4—断层

## 第三节　断　　层[1]

浙闽断裂活动极为发育，晋宁期、加里东期、华力西—印支期、印支—喜山期等不同时期均有断裂活动发生。特别是大陆边缘活动期（印支—喜山期）的断裂活动最为发育，直至近代断裂活动也还时有发生。为我国东南部断裂活动区的重要组成部分。

**一、断裂密度**

根据浙西北、浙中、闽西北、闽东南等 11 个地区（盆地）1／25 万～1／10 万区测图幅抽样调查：区内断裂密度范围为 0.052～0.218 条／平方公里，平均密度 0.084 条／平方公里（表 4-3-8）。

[1]浙江石油研究所，1987，浙、闽区域构造及中新生代盆地构造特征。

## 二、断裂规模

根据断裂发育的纵横向规模，区内包括深大断裂和一般断裂等两类规模的断裂。

**表 4–3–8　浙闽断裂密度抽样调查表**

| 省区 | 地　区 | 面积 ($km^2$) | 断层数 (条) | 密度 (条／$km^2$) | 资料来源 |
|---|---|---|---|---|---|
| 浙江 | 临安部分地区 | 1600 | 231 | 0.144 | 1／20 万(区调) |
| | 桐庐西部分地区 | 1600 | 135 | 0.084 | 1／20 万(区调) |
| | 开化部分地区 | 1280 | 67 | 0.052 | 1／20 万(区调) |
| | 丽水盆地 | 212.5 | 38 | 0.179 | 1／20 万(区调) |
| | 文成盆地 | 475 | 39 | 0.082 | 1／20 万(区调) |
| | 水头街盆地 | 537 | 117 | 0.218 | 1／20 万(区调) |
| 合计 | 6 个盆地(地区) | 5704.5 | 627 | 0.110 | |
| 福建 | 党堡地区 | 191.5 | 26 | 0.136 | 1／10 万(区调) |
| | 漳平地区 | 615 | 112 | 0.182 | 1／10 万(区调) |
| | 永泰地区 | 2875.6 | 163 | 0.056 | 1／20 万(区调) |
| | 建瓯地区 | 3191.25 | 173 | 0.054 | 1／25 万(区调) |
| | 洋庄——翁墩地区 | 1650 | 97 | 0.099 | 1／20 万(区调) |
| 合计 | 5 个盆地(地区) | 8523.35 | 571 | 0.067 | |
| 总　合　计 | | 14227.85 | 1198 | 0.084 | |

*1. 深大断裂*

指纵向上断达硅镁层或硅铝层，横向上长达数百至上千公里、宽几至几十公里，对沉积作用、岩浆活动、变质作用、构造分布、成矿规律具有控制作用的深断裂。区内共有 52 条，为区内主要断裂，组成区内断裂系统的基本骨架（表 4–3–9）。

如政和—大埔深断裂带　位于福建西北部与东南部的交界处。北东 30°～35° 展布，纵贯福建全境、南北往粤浙境内继续延伸，长度 390 公里以上，宽度 20 公里左右，为加里东期以来长期活动的断裂。为加里东期、华力西—印支期的岩浆岩侵入带和变质岩带，控制加里东褶皱、印支褶皱和印支—喜山期盆地的分布。热液和变质矿床丰富，见有基性、超基性、中酸性、酸性岩类。

又如古市—平阳大断裂带　位于浙东南—浙中地区。北西 320°～330° 展布，长度约为 190 公里。为印支—喜山期的断裂，控制北西向中、新生代盆地的分布，并见有岩浆活动。

*2. 一般断裂*

泛指深大断裂之外的所有断裂，这类断裂也还存在不同规模及其作用大小之分。

**表 4-3-9 浙闽主要深大断裂略表**

| 断裂带名称 | | 图上编号 | 方向 | 长度(km) | 宽度(km) | 倾向 | 倾角 | 性质 | 活动时期 | 控构作用 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 崇安—石城 | 深断裂带 | ① | 北东 | >220 | 10~30 | | | 压、张 | 加里东期；华力西—印支期；印支期—喜山期 | 加里东、印支褶皱带；北东向中生代盆地 |
| 政和—大铺 | 深断裂带 | ② | 北东 30°~35° | >390 | 20± | | | | 同上 | 加里东期板块边界；加里东印支褶皱带；北东向中生代盆地 |
| 福安—南靖 | 深断裂带 | ③ | 北东 | >225 | | | | | 华力西—印支期 印支—喜山期 | 华力西—印支期槽台边界(可能) |
| 长乐—南澳 | 深断裂带 | ④ | 北东 | >400 | 38~58 | | | | 同上 | 燕山($T_3$-J)褶皱带 |
| 上杭—云霄 | 深断裂带 | ⑤ | 北西 | 200 | 20 | 北东 | 60° | 压、张 | | 北西向中生代盆地 |
| 顺昌—闽清 | 深断裂带 | ⑥ | 北西 | 150 | | | | | 印支—喜山期 | |
| 浦城—武平 | 深断裂带 | ⑦ | 北东 45° | 400 | 10 | | | | 加里东期；华力西—印支期；印支—喜山期 | 加里东、印支褶皱带；北东向中生代盆地 |
| 松溪—宁德 | 大断裂带 | ⑧ | 北西 | 200 | 20 | | | 压、张 | 印支—喜山期 | 北西向中生代盆地 |
| 永安—晋江 | 大断裂带 | ⑨ | 北西 | >200 | 12~10 | | | | 同上 | 北西向中生代盆地 |
| 泰宁—龙岩 | 大断裂带 | ⑩ | 南北 | 330 | 15~20 | | | 压、张 | 华力西—印支期；印支—喜山期 | |
| 将乐—华安 | 大断裂带 | ⑪ | 南北 | 275 | 15~20 | | | 压、张 | 加里东期；华力西—印支期；印支—喜山期 | |
| 浦城—永泰、嵩口 | 大断裂带 | ⑫ | 南北 | 240 | π~20 | | | 压、扭 | 同上 | |
| 寿宁—连江 | 大断裂带 | ⑬ | 南北 | 180 | 3~10 | | | | 印支—喜山期 | |
| 厦门—南靖 | 大断裂带 | ⑭ | 东西 | 110 | 5~20 | | | | 同上 | |
| 仙游—漳平 | 大断裂带 | ⑮ | 东西 | 250 | 5~20 | | | 逆冲 | 同上 | |
| 罗源—明溪 | 大断裂带 | ⑯ | 东西 | 250余 | 10~20 | | | | | |
| 柘荣—连阳 | 大断裂带 | ⑰ | 东西 | 约200 | | | | | 印支—喜山期 | |

续表

| 断裂带名称 | | 图上编号 | 方向 | 长度(km) | 宽度(km) | 倾向 | 倾角 | 性质 | 活动时期 | 控构作用 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 白琳—笏石 | 大断裂带 | ⑱ | 北北东 | 约300 | 几～10余 | | | | | |
| 松溪—南靖 | 大断裂带 | ⑲ | 北北东 | 400 | 5～15 | | | | 印支—喜山期 | 北北东向中生代盆地 |
| 光泽—武平 | 大断裂带 | ⑳ | 北北东 | 370 | 数 | | | | 同上 | 北北东向中生代盆地 |
| 古田—上杭 | 大断裂带 | ㉑ | 北东东 | 450 | 10～20 | | | | 同上 | |
| 闽江口—永定 | 大断裂带 | ㉒ | 北东东 | 400 | | | | | 同上 | |
| 环沉—障吴 | 大断裂带 | ㉓ | 北东48° | 90 | | 南东 | >65° | 正 | 印支；印支—喜山期 | 印支褶皱带 |
| 吴兴—顺溪 | 大断裂带 | ㉔ | 北东48° | 165 | | 北西南东 | >65° | 正、逆 | 同上 | 印支褶皱带 |
| 乌镇—马金 | 深断裂带 | ㉕ | 北东52° | 350 | | 南东 | 60°～80° | 逆冲、正 | 同上 | 印支褶皱带北东向中新生代盆地 |
| 印渚埠—潭头 | 大断裂带 | ㉖ | 北东 | 95 | | 南东 | 70°～87° | 逆冲 | 同上 | 印支褶皱带 |
| 平湖—球川 | 大断裂带 | ㉗ | 北东54° | 350 | | 北西 | 60°～70° | 正、逆 | 印支；印支—喜山期 | 印支褶皱带；北东向中、新生代盆地 |
| 漓渚—招贤 | 大断裂带 | ㉘ | 北东45° | 350 | | 南东、北西 | 50°～80° | 逆、正 | 同上 | 同上 |
| 绍兴—江山 | 深断裂带 | ㉙ | 北东40°～60° | >290 | | 北西 | 60°～80° | 逆冲、正 | 扬子期；加里东期；印支—喜山期 | 扬子期板块边界；加里东期槽台边界；印支褶皱带北东向中新生代盆地 |
| 嵊泗—庆元 | 深断裂带 | ㉚ | 北东45° | 约500 | | 北西南东 | >70° | 逆、正 | 加里东期；华力西—印支期；印支—喜山期 | 加里东期板块边界；加里东印支褶皱带；北东向中生代盆地 |
| 东福山—泰顺 | 深断裂带 | ㉛ | 北东45° | 约435 | | 北西、南东 | >80° | 逆、正 | 华力西—印支期；印支—喜山期 | 北东向中生代盆地 |
| 孝顺—大溪边 | 大断裂带 | ㉜ | 北东10°～40° | 约270 | | 北西、南东 | 50°～60° | 逆掩、逆冲、正 | 印支—喜山期 | |
| 南皋桥—大洲 | 大断裂带 | ㉝ | 北东10°～26° | 约310 | 0.02～0.12 | 北西、南东 | 38°～80° | 逆掩、逆冲、正 | 同上 | |
| 双林—外龙口 | 大断裂带 | ㉞ | 北东20°～30° | 约290 | | 北西为主 | | 逆冲 | 同上 | |

| 断裂带名称 | | 图上编号 | 方向 | 长度(km) | 宽度(km) | 倾向 | 倾角 | 性质 | 活动时期 | 控构作用 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 海宁—庆元 | 大断裂带 | ㉟ | 北东20°~30° | 约300 | | 北西、南东 | 40°~80° | 逆逆冲正 | 印支—喜山期 | |
| 余姚—丽水 | 深断裂带 | ㊱ | 北东20° | 340余 | 10–20余 | 南东、北西 | 40°~80° | 逆冲，逆 | 加里东期；华力西—印支期；印支—喜山期 | 北东向中生代盆地 |
| 镇海—温州 | 深断裂带 | ㊲ | 北东20°~30° | 约300 | | 北西、南东 | 60°~80° | 逆，正 | 印支—喜山期 | 北东向中生代盆地 |
| 象山—干江 | 大断裂带 | ㊳ | 北东20°~30° | 约450 | | 北西南东 | 45°~85° | 逆，正 | 印支—喜山期 | 北东向中生代盆地 |
| 泗安—嘉善 | 大断裂带 | ㊴ | 东西 | 约100 | | 北 | | 正、逆 | 印支—喜山期 | |
| 昌化—普陀 | 大断裂带 | ㊵ | 东西 | >150 | | 北南 | | 正，逆冲 | 印支—喜山期 | |
| 杨林—石浦 | 大断裂带 | ㊶ | 东西 | 约360 | | 北、南 | | 逆，正 | 印支—喜山期 | |
| 丽水—黄岩 | 大断裂带 | ㊷ | 东西 | 约200 | | 北，南 | 70°~80° | 逆，正 | 印支—喜山期 | |
| 云和—永嘉 | 大断裂带 | ㊸ | 东西 | 约150 | | 南，北 | 78°~85° | 逆，正 | 印支—喜山期 | |
| 泰顺—宜山 | 大断裂带 | ㊹ | 东西 | 约80余 | | 南，北 | 60°~80° | 逆，正 | 印支—喜山期 | |
| 淳安—虞宅 | 大断裂带 | ㊺ | 东西 | 约100 | 5–10 | 南，北 | 50°~80° | 逆，正 | 印支—喜山期 | |
| 长兴—宁波 | 大断裂带 | ㊻ | 北西300° | 约200 | | 北东、南西 | 50°~80° | 平推，正 | 印支—喜山期 | |
| 障吴—三门湾 | 大断裂带 | ㊼ | 北西310 | >250 | 20 | 北东、南西 | 30°~70° | 正 | 印支—喜山期 | |
| 昌化—温岭 | 大断裂带 | ㊽ | 北西310°~320° | 约300 | | | | | 印支—喜山期 | |
| 温州—金华 | 大断裂带 | ㊾ | 北西310° | 约110 | | 南西、北东 | 60°~80° | 正(主)，逆 | | |
| 丽水—温州 | 大断裂带 | ㊿ | 北西300° | 约100 | | 北东南西 | 40°~50° | | 印支—喜山期 | |
| 古市—平阳 | 大断裂带 | (51) | 北西320°~330° | 约190 | | 北东(主)、南西 | 60°~85° | 正，逆 | 印支—喜山期 | 北西向中生代盆地 |
| 龙泉—南溪 | 大断裂带 | (52) | 北西300°~320° | 约120 | | 北西(主)，北东 | 80°~84° | | 印支—喜山期 | |

## 三、断裂的活动性

根据断裂的活动特性，划分为二种活动性不同的断裂。

*1. 活动断裂*

指断裂发生以来各个地质时期均有活动的断裂，为深大断裂中的部分断裂。如福建的政和—大埔深断裂带，其在加里东期发生，华力西—印支期、印支—喜山期均有强烈活动。

*2. 间歇活动断裂*

指断裂发生以来各个地质时期间歇活动的断裂，亦为深大断裂中的部分断裂。如浙江的江山—绍兴深断裂带，其在晋宁期发生，加里东期继续活动，控制扬子地台与华南地槽边界，华力西—印支期停歇，印支—喜山期复活，控制北东向中、新生代盆地的分布。

## 四、断裂的构造作用

根据断裂对不同级别构造的控制作用，可划分为三种不同构造作用的断裂。

*1. 槽台边界断裂*

指控制地槽与地台边界的断裂，为深断裂中的部分断裂。如前述浙江的江山—绍兴深断裂带，又如福建的福安—南靖深断裂带，其可能为华力西—印支期扬子—华南地台与浙闽东南部活动带的边界断裂。

*2. 褶皱带断裂和盆地带断裂*

褶皱带断裂系指控制加里东、印支褶皱带分布的断裂，包括了部分深大断裂和部分一般断裂。如浙西北的乌镇—马金、球川—平湖、印渚埠—潭头等北东向深大断裂带与鲁村—麻车埠、龙源头—印渚埠、华埠—新登等印支褶皱带平行分布，控制其分布。

盆地带断裂系指控制印支—喜山期盆地发生发展的断裂，亦包括部分深大断裂和部分一般断裂。如浙江北东向的江山—绍兴深断裂带，其上分布有长河—王盘洋、诸暨、浦江—墩头、金衢、峡口等5个北东向展布的中、新生代盆地，并往江西境内继续延伸，而且控制信江、崇仁、清江、萍乡等中、新生代盆地的分布，形成我国南方一条重要的断陷盆地带。又如浙东南北东向的嵊泗—庆元深断裂带，其上分布有丽水、浮戈、仙居、天台、宁波等5个北东向展布的中、新生代盆地，为浙东南的一条重要断陷盆地带。

## 五、断裂性质

区内断裂以压性、压扭性断裂为主，尤以压性断裂最为发育。以福建省境内79个中、新生代盆地（区块）提供的274条断裂统计：压性断裂83条，占30.3%；张性断裂54条，占19.7%，扭性断裂13条，占4.7%；张扭性断裂20条，占7.3%；压扭性断裂59条，占21.5%；不明性质断裂45条，占16.4%。

由于浙闽地区的地质构造在其形成过程中，应力场及其性质的变化比较复杂，故区内各类断裂、特别是深大断裂的性质在其发展过程中几经变化，亦显得比较复杂。多种性质变换的断裂也比较常见，故对断裂的性质应具体断裂作具体分析。

由于浙闽地区的地质构造在其形成过程中，应力场的方向及其性质亦几经变化，故断裂系统也比较复杂。以北东向、北北东向断裂系统为最发育，北西向和东西向断裂系统较发育。不同断裂系统的断裂互相切穿、断错、合并，在平面上组成了比较复杂的组合图案。

## 六、断裂带

区内不同断裂系统中的主要断裂，在平面上的分布略呈等距状，组成了区内断裂系统的基本骨架。其中：北东向、北北东向深大断裂的活动贯串于区内地质构造发生发展的全过程，控制槽台边界和加里东、印支褶皱带及印支—喜山期盆地的发生发展，为区内主要断

裂；北西向断裂活动主要为印支—喜山期，控制部分中、新生代盆地的发生发展，并破坏和改造加里东和印支褶皱；近南北向和近东西向的断裂形成时间较晚，对区内各级构造的控制作用不大。

区内不同系统、不同规模的各类断裂，特别是主要的深大断裂，平面上成条成带分布，组成不同规模的断裂带。这些断裂带往往为断裂的发育带、岩浆的活动带、岩石的热流动力变质带，地层的破碎带、构造的形变带、物探资料的变异带、资源的成矿带，在地质构造的发生和发展上具有十分重要的作用和意义。

## 第四节　地质构造演化简史

浙闽地质构造的形成，经历了晋宁期地槽、加里东期槽台、华力西—印支期地台、印支—喜山期大陆边缘活动带等四个发展阶段，以槽台发展为主（表 4–3–10）。

### 一、晋宁期地槽阶段

位于中晚、元古代（Pt）。

当我国北方经吕梁运动由早元古代地槽转化为中、晚元古代地台时，秦岭以南的广大地区尚处于地槽发展阶段，称之谓扬子—华南晋宁地槽。后经元古代末期的晋宁运动，全面回返，形成由变质岩组成的晋宁褶皱带。浙闽位于扬子—华南晋宁地槽东南部，由浅—深变质的火山复理石、夹复理石、磨拉石、杂砂岩等岩石建造组成。晋宁褶皱仅在浙西北见及，为北东向紧密线形褶皱。闽西北则无晋宁褶皱发现，晋宁期沉积为加里东褶皱的组成部分。

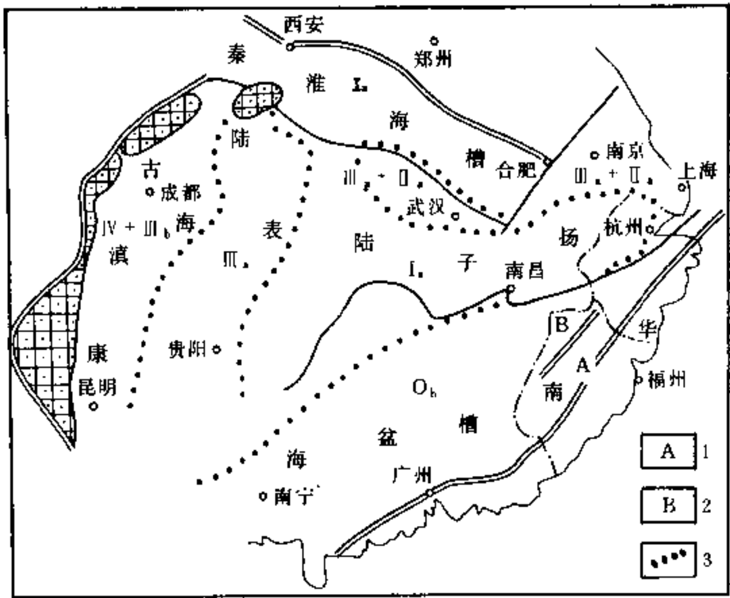



图 4–3–13　中国南方加里东期（寒武纪早世）构造略图

$I_a$—浅海盆地；$II_a$—台地边缘；$III_a$—碳酸盐岩台地；$III_b$—滨岸碎屑岩台地；Ⅳ—海陆过渡区；$O_b$—槽盆；1—中压变质带；2—中低压变质带；3—相区带线

### 二、加里东期槽台阶段

位于早古生代(Z–S)。

晋宁运动后，我国境内的扬子—华南、塔里木等晋宁地槽褶皱与华北中、晚元古代地台曾短暂统一为古中国地台。随后，塔里木晋宁地槽转化为地台。华北中、晚元古代地台继续发展。扬子—华南晋宁地槽分化为秦淮地槽、扬子地台、华南地槽，进入槽台发展阶段（图 4–3–13）。

## 表 4－3－10 浙闽地质构造发展简表

| 地质时代 | | | 地质年龄 Ma | 主要构造运动 | 发展阶段划分 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 代 | 纪 | 世 | | | 阶段 | 时期 | 发展特征 |
| Cz | Q | | 1 | | 大陆边缘活动带 | 印支——喜山 | 构造变动和岩浆活动强烈，分布有印支—燕山期、燕山早期、燕山晚期、喜山期等四期盆地，由断坳陷盆地和火山盆地组成。盆地活动性大、多快速堆积和火山岩，成盆期短；发育阶段性差；缺乏纵横向联系，多叠加盆地<br>部分盆地具备成油气地质条件，为中、新生代油气藏形成世代。亦为晚古生代油气藏形成与破坏世代 |
| | N—E | N | 28 | （喜　山） | | | |
| | | E | 67 | | | | |
| Mz | K | $K_2$ | 100 | （晚期燕山） | | | |
| | | $K_1$ | 137 | | | | |
| | J | $J_3$ | 162 | （中期燕山） | | | |
| | | $J_2$ | 172 | （早期燕山） | | | |
| | | $J_1$ | 190 | | | | |
| | T | $T_3$ | 205 | | | | |
| | | $T_2$ | 215 | （印　支） | 地台 | 华力西——印支 | 由华夏山地和扬子—华南陆表海组成，以滨岸碎屑岩台地和碳酸盐岩台地发育为主。构造活动以台地频繁振荡升降为主，印支褶皱由线形不对称复背、向斜带组成。岩浆活动和变质作用南北有别：浙西北未见岩浆岩和变质岩；浙中—浙闽沿海岩浆活动强烈变质作用普遍，分布有岩浆岩带和变质岩带<br>浙西北具成油气地质条件，为晚古生代成油气地质条件形成世代；浙中—浙闽沿海则缺少成油气地质条件 |
| | | $T_1$ | 230 | | | | |
| $Pz^2$ | P | $P_2$ | 240 | | | | |
| | | $P_1$ | 280 | （东　吴） | | | |
| | C | $C_2$ | 325 | （云　南） | | | |
| | | $C_1$ | 350 | （淮　南） | | | |
| | D | $D_3$ | 365 | （柳　江） | | | |
| | | $D_2$ | 380 | | | | |
| | | $D_1$ | 405 | | | | |
| $Pz^1$ | S | $S_3$ | | （加里东） | 槽台 | 加里东 | 浙西北位于扬子地台区，由扬子陆表海的碳酸盐岩台地—浅海盆地组成，岩浆活动和变质作用微弱，构造活动以振荡升降为主，加里东运动为区域隆升运动。具备良好的成油气地质条件，为早古生代油气藏形成世代<br>浙中—浙闽沿海位于华南地槽，沉积作用、岩浆活动、变质作用、构造活动强烈。加里东褶皱由线形不对称复背、向斜带组成，岩浆岩带和变质岩带发育。缺乏成油气地质条件 |
| | | $S_2$ | | | | | |
| | | $S_1$ | 440 | | | | |
| | O | $O_3$ | | | | | |
| | | $O_2$ | 445 | | | | |
| | | $O_1$ | 500 | | | | |
| | € | $€_3$ | 515 | | | | |
| | | $€_2$ | 540 | | | | |
| | | $€_1$ | 570 | | | | |
| | Z | $Z_2$ | 700 | （桐　湾） | | | |
| | | $Z_1$ | 800 | | | | |
| Pt | | | | （晋　宁）<br>（神　功） | 地槽 | 晋宁 | 沉积作用、岩浆活动、变质作用、构造活动强烈。缺乏成油气地质条件 |

丰富，具备良好的成油气地质条件，为早古生代生储油条件形成的世代。台区南北两侧边缘，由于沉积厚度加大，加速了生油岩热演化的进程，形成加里东期古油藏，台区东南侧边缘分布有江南古油藏带，为早古生代古油气藏形成的世代。

秦淮地槽位于扬子地台北侧，由秦淮槽盆海组成。华南地槽位于扬子地台东南侧，由华南槽盆海组成，其沉积作用、岩浆活动、变质作用、构造活动强烈。后经早古生代（$Pz^1$）末期的加里东运动，全面回返，形成由变质岩组成的加里东褶皱。缺乏成油气地质条件。

浙闽位于扬子地台东南部—华南地槽东北部。其中：

浙西北位于扬子地台东南部边缘，处于扬子陆表海与华南槽盆海的过渡带，具有台槽过渡的地质构造演化特点。自北（东）而南（西）依次分布碳酸盐岩台地（$Ⅲ_a$）、台地边缘（$Ⅱ_a$）、浅海盆地（$Ⅰ_a$）等沉积相区带，礁滩发育，由碳酸盐岩、钙硅质泥岩等岩石建造组成，异地累计厚度 2597.7～17764.9 米，平均 10181 米，为台地边缘坳陷沉积。并随时间推移，浅海盆地不断扩大、碳酸盐岩台地及其边缘不断缩小，在奥陶纪出现类深海浊流沉积（见本篇图 4-3-2）。构造活动以地台边缘坳陷为主，各地层单元间均为连续沉积。加里东运动为比较强烈的不均衡隆升运动，形成北东向展布的古凹陷（图 4-3-14）。未发现岩浆岩和各类岩石的变质现象。区内分布有三套生储盖组合，生油岩总厚度 1207.7 米，储集岩总厚度 4224.44 米；发育有古构造、古断裂、礁滩等圈闭条件。生油层于早奥陶世—中志留世（$O_1$—$S_2$）进入成油期，开始油气运移，形成加里东期古油藏，由石油热演化的衍生物、古油藏破坏的残留物质碳沥青组成，为扬子地台东南侧边缘江南古油藏带的重要组成部分。

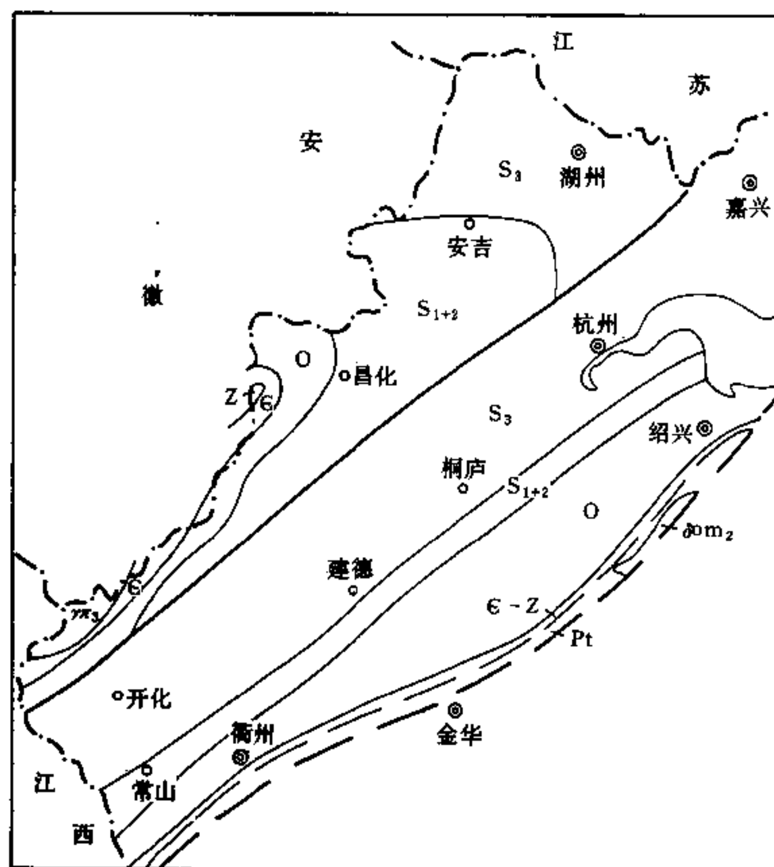



图 4-3-14 浙西北晚泥盆纪前古地质图

浙中—闽西北及浙闽东南部位于华南地槽东北部，为华南地槽区内活动最强烈的地区。沉积由火山复理石、含火山复理石、复理石等岩石建造组成，异地累计厚度 8882.5~16973.8 米。加里东褶皱由线形不对称复背、向斜带组成，北东向展布，部分呈弧形向东南突出，轴面倾向北西。岩浆活动和变质作用贯串于地槽发生发展的全过程，分布有宁化—崇安、上虞—龙泉—松溪（政和）—南平等三条醒目的岩浆岩带和变质岩带。岩浆岩带由超基性、酸性岩类组成。变质岩带由低绿片岩—低角闪岩岩相组成，为中低压—低压变质带，系区域动力热流的强烈变质作用所致。

### 三、华力西—印支期地台阶段

位于晚古生代—中生代（$D-T_2$）。

加里东运动后，加里东期的华南地槽转化为地台，扬子地台继续发展，统一组成了扬子—华南地台，进入地台发展阶段。

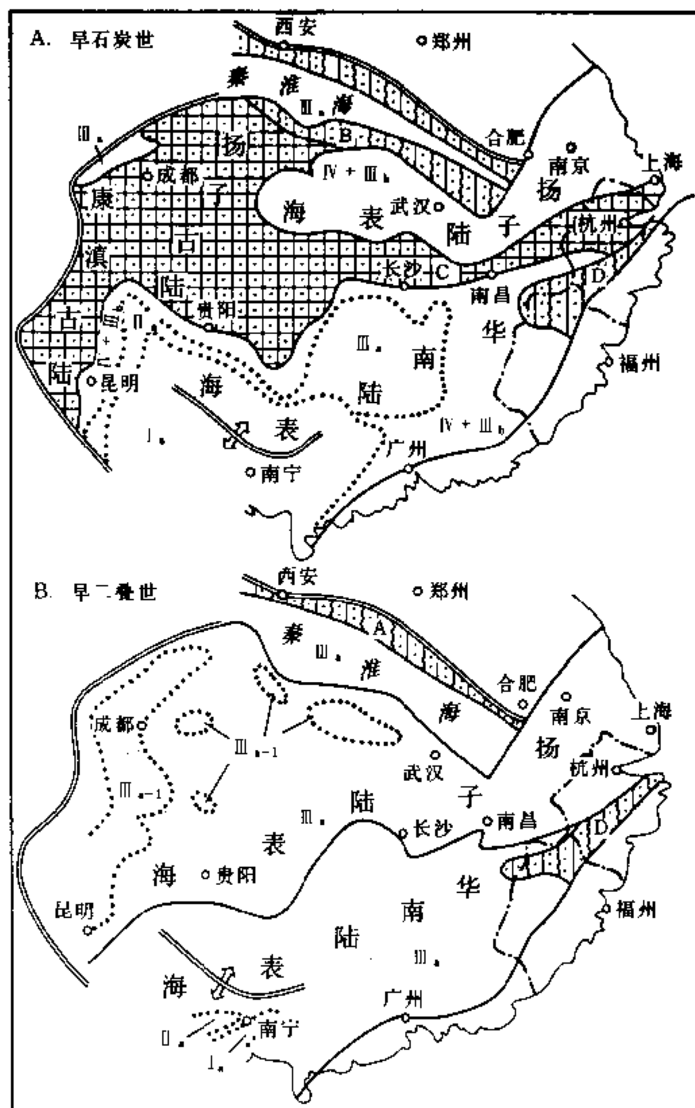



图 4-3-15　中国南方华力西—印支期构造略图

Ⅰa—浅海盆地；Ⅱa—台地边缘；Ⅲa—碳酸盐岩台地；Ⅲa-1—台内滩；Ⅳ—海陆过渡区；A—秦岭山地；B—淮阳山地；C—江南古陆；D—华夏山地

扬子—华南地台经早泥盆世准平原化后，海水自东、自西南二个方向侵入，并逐渐扩大淹没整个地台。其中：中泥盆世—早石炭世（$D_2-C_1$）为海陆相间、南北分割的构造格局，由秦岭山地、秦淮海、淮阳山地、扬子陆表海、康滇—扬子—江南古陆、华南陆表海、华夏山地等相间组成。晚石炭世—早三叠世（$C_2-T_1$）为海域连片的构造格局，由秦岭山地、秦淮海、扬子陆表海、华南陆表海、华夏山地等组成（图 4-3-15）。中三叠世（$T_2$），地台区普遍抬升，海水由东南往西北经川西北退出，进入陆盆沉积。台区沉积稳定；岩浆活动和变质作用微弱，仅在地台区南北边缘见有岩浆岩和轻微变质地层；构造活动以频繁振荡升降为主，中三叠世末期的印支运动在地台区大部分地区为强烈的褶皱断裂运动，而在地台区核心四川盆地则为强烈的区域降升运动；为比较稳定的地台。地台区生储油层沉积厚度较大、有

机质较丰富，具备较好成油气地质条件，为晚古生代（含三叠纪早、中世）生储油条件形成的世代。同时在扬子陆表海区，下伏早古生代生油岩进入成油期，开始油气运移，形成油气藏，亦为早古生代油气藏形成的主要世代。

浙闽位于扬子—华南地台东南部，扬子、华南陆表海东南边缘。自东南（华夏山地）往西北（海区）依次分布海陆过渡—滨岸碎屑岩台地（Ⅳ–Ⅲ$_b$）、碳酸盐岩台地（Ⅲ$_a$）、台地边缘（Ⅱ$_a$）、浅海盆地（Ⅰ$_a$）等沉积相区带，发育有少量礁滩；纵向上以海陆过渡—滨岸碎屑岩台地与碳酸盐岩台地间互发育为主（见图4–3–3；图4–3–4）；由碎屑岩与碳酸盐岩间互组成，异地累计厚度1140.9～10110米、平均5625.5米，为扬子—华南地台东南部台地的沉积。构造活动以台地频繁振荡升降为主，各地层单元间沉积间断发育；印支褶皱由线型不对称复背、向斜带组成，北东—北北东向展布。岩浆活动和变质作用南北有别。浙西北地区未见岩浆岩和变质岩。浙中—闽西北及浙闽东南部沿海，分布有顺昌—邃美、政和—大埔等二条岩浆岩带和政和—大埔变质岩带。岩浆岩由中基性、中酸性、酸性岩类组成。变质岩为亚绿片岩—高绿片岩相，系区域动力变质作用所致，变质程度由西往东递增，向西可延至江西中南部地区。区内成油气地质条件仅分布于浙西北，有4套生储盖组合，生油岩总厚度大于340米，储集岩厚度大于318～1192米；发育有少量藻礁、印支褶皱等圈闭条件。但由于生油层尚未进入成油期，故油气藏形成的可能性很小。

**四、印支—喜山期大陆边缘活动带阶段**

位于中、新生代（$T_3$–N）。

经印支运动，华力西—印支期的扬子—华南地台由海盆转化为扬子—华南山地。其中：扬子山地区构造比较稳定，由坳陷湖盆组成，且随着地质历史的推移，湖盆不断收缩分割，至第三纪（E）仅残存有鄂豫湘湖、川滇湖、苏皖湖等主要湖盆；华南山地区断裂和岩浆活动强烈、频繁，由断陷盆地和火山盆地组成，为大陆边缘活动带的重要组成部分（图4–3–16）。山地区不同时期的陆盆形成有不同的成油气地质条件，为中、新生代（$T_3$–N）油气藏形成的世代。

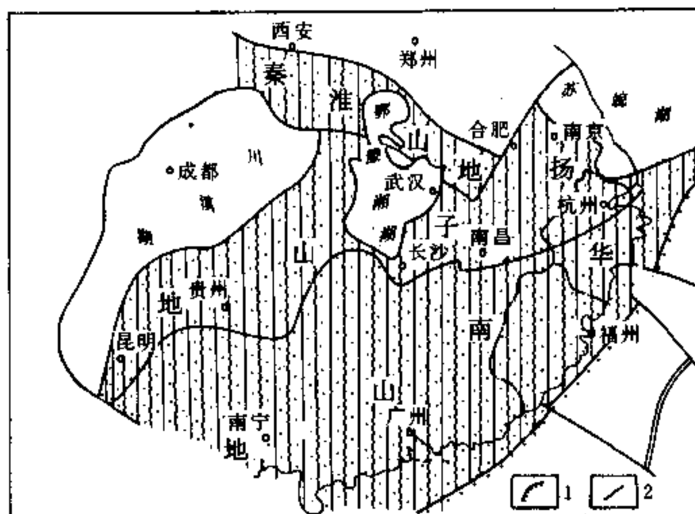



图4–3–16　中国南方喜山期构造略图

1—第三系超覆线；2—断层

下伏晚古生代（D–$T_2$）的生油层普遍进入成油期，开始油气运移，形成油气藏，亦为晚古生代油气藏形成的世代。同时，由于山地的块断抬升和剥蚀，不同时期的油气藏遭受破坏，其破坏程度因山地的块断抬升和剥蚀程度的不同而不同，各地不一。

浙闽位于扬子—华南山地东南部，为大陆边缘活动带的组成部分。分布有印支—燕山期（$T_3$–$T_2$）、燕山早期（$J_3$）、燕山晚期（K）、喜山期（E–N）等四期盆地，由断坳陷盆地和火山盆地组成（见图4–3–5）。不同时期的盆地主要沿印支—喜山期（$T_3$–N）的深大断裂带分

布，形成北东–北北东向的断陷盆地带。这些盆地活动性大、盆内多快速堆积和火山岩；成盆期短、发育阶段性差；缺乏纵横向联系、多叠加组合盆地。根据统计，区内残存分布有622个盆地，其中大于200平方公里的有44个，最大的为3500平方公里。区内部分盆地具备成油气地质条件，为中、新生代($T_3$–N)油气藏形成的世代。浙西北地区下伏晚古生代(D–$T_2$)的生油层普遍进入成油期，开始油气运移，形成油气藏，为晚古生代油气藏形成的世代。同时，由于区内山地块断抬升和剥蚀，不同时期的油气藏亦遭受破坏，仅少数盆地保存有成油气地质条件。特别是浙西北地区，不仅中、新生代盆地残存无几，同时下伏的晚古生代地层亦被成片剥蚀，仅在局部向斜内残存，勘探范围虽比较小，但仍具备一定的油气勘探远景。

## 第五节 含油气沉积区块盆地区划

### 一、含油气大地构造单元

浙闽位于华南板块东南部，横跨扬子地台和华南地台二个含油气大地构造单元（图4–3–17）。

*1. 扬子地台*

位于我国南方中北部，跨四川、云南、贵州、湖北、安徽、江苏、上海市、湖南、江西、浙江等12个省市。系加里东期以来发展的地台，已在古生界和中、新生界地层中获得大量的油气，为我国主要含油气地台之一。区内仅浙西北位于扬子地台东南缘，为扬子地台的组成部分。

区内扬子地台东南以江山—绍兴深断裂带与华南地台为界，西北与江西、安徽、江苏、上海市等台区相连。由晋宁期变质岩褶皱基底和印支褶皱、印支—喜山期盆地盖层组成。

*2. 华南地台*

位于我国东南部，跨云南、贵州、广西、湖南、广东、江西、福建、浙江等8个省。系华力西—印支期以来发展的地台，已在中、新生界地层中获得少量油气，为我国具备一定油气勘探远景的地台之一。区内浙中–闽西北及浙闽东南部广大地区位于华南地台东南部，为华南地台的组成部分。

区内华南地台西北以江山—绍兴深断裂带与扬子地台分界，西与江西、南与广东等台区相连，东邻东海。由晋宁期、加里东期变质岩褶皱基底和印支期褶皱、印支—喜山期盆地盖层组成。

### 二、沉积区块盆地区划

*1. 区块及盆地*

(1) 海相区块　指由海相沉积岩组成的具有相似地质构造背景的连片区块，为海相油气勘探和评价的基本单元。区内分布有浙西、浙北2个区块，它们同处于扬子地台之上，具有扬子地台区相近似的地质构造背景。

1) 浙西区块：位于浙西北西部，面积约26510平方公里。由震旦系—下三叠统地层组成，以震旦系—志留系地层分布为主，泥盆—三叠系地层零星分布，地表局部地区为侏罗系—白垩系地层覆盖。区块基本地质构造面貌比较清楚，为区内勘探和评价海相油气、特别是下古生界油气的主要区块。

2) 浙北区块：位于浙西北北部，面积约12800平方公里。区块内大部地区为中、新生界盆地及第四系沉积覆盖；仅局部地区出露有古生界地层。区块内海相地层的基本地质构

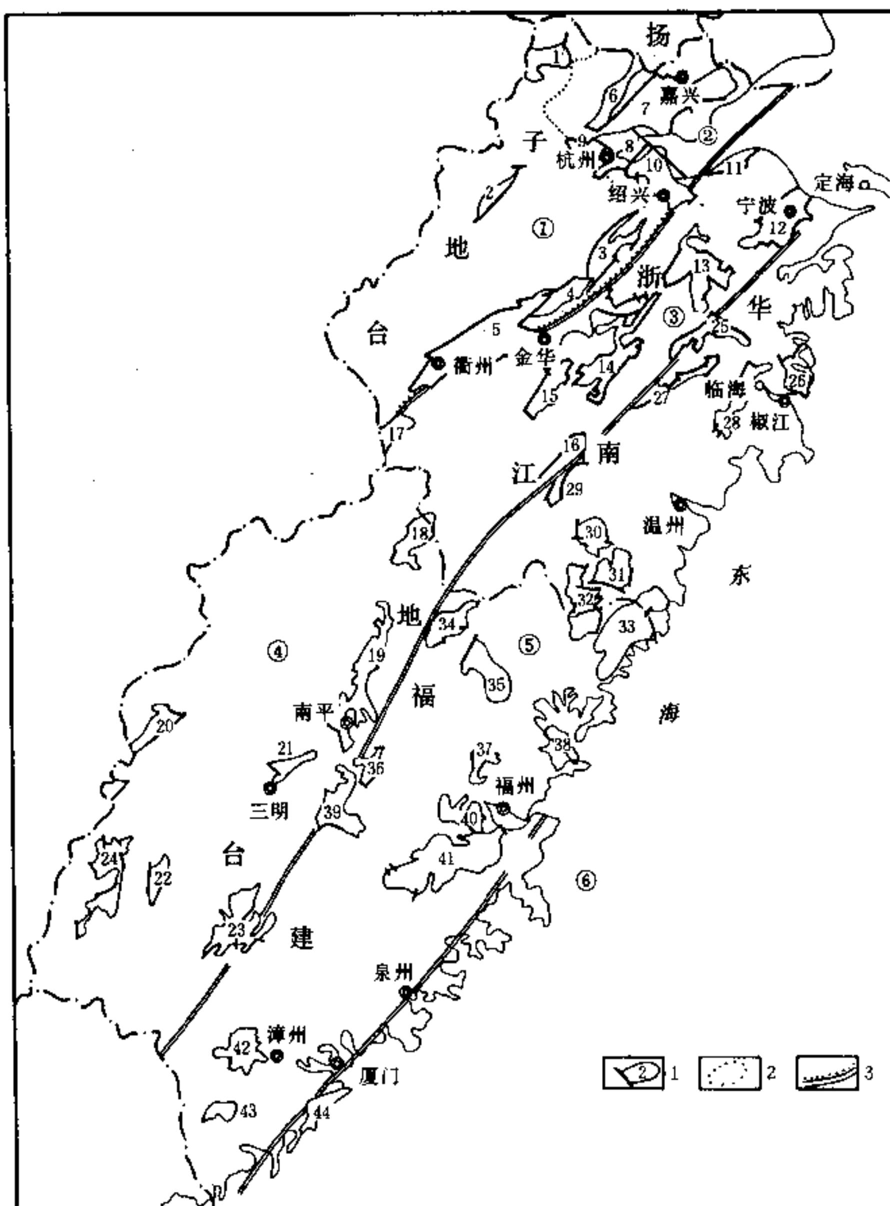



图 4-3-17　浙闽沉积区块盆地区划略图

1—陆相盆地；2—海相区块；3—区块盆地组合区界线；①—浙西盆地区块区；②—浙北区块盆地区；③—浙中盆地区；④—浙中—闽西北盆地区；⑤—浙闽东南部盆地区；⑥—浙闽沿海盆地区

造面貌尚不清楚。

(2) 陆相盆地　指由沉积岩、火山沉积岩组成的中、新生代盆地，包括不同时期形成的盆地及其叠加组合盆地，由断坳陷盆地和火山盆地组成。为陆相油气勘探和评价的基本单元。据资料统计，区内有残存沉积岩盆地 622 个，其中面积大于 200 平方公里的主要盆地 44 个，总面积 29944 平方公里（表 4-3-11）。

2. 区块盆地组合区划

区内 2 个海相区块和 44 个主要陆相盆地叠加组合为盆地区块区、盆地区等两种类型的 6 个组合区。

## 表 4-3-11 浙闽主要陆相盆地略表

| 区盆组合区 | 盆地名称 | 图二编号 | 省区位置 | 盆地面积($km^2$) | 盆地基底 | 组合盆地 | 沉积岩厚度(km) | 勘探程度 | 勘探成果 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 浙西盆地区块区 | 泗安 | 1 | 浙西北西部 | 542 | $Pz^2$; $J_3h$ | K | >1000 | 地质、浅钻(非油探井)普查 | |
| | 麻车埠 | 2 | | 262.5 | $Pz^1$ | $J_2$ | | 地质普查 | |
| | 诸暨 | 3 | | 600 | Pz | $J_{1-2}$; $J_3$; K | | | |
| | 浦江—墩头 | 4 | | 500 | Pz; $J_3h$ | $J_3s$; K | 6535 | 地质浅钻普查 | |
| | 金衢 | 5 | | 3500 | Pz; $J_3h$ | K | 5172 | 地质、地震、大中深钻普查 | 显示井5口 |
| 浙北区块盆地区 | 善琏 | 6 | 浙西北北部 | 420 | $Pz^2$; $J_3h$ | K; E | >1600 | 地质、地震、浅中钻普查 | 杭深1井见氮气 |
| | 平湖 | 7 | | 2125 | $Pz^2$; $J_3h$ | K; E | 1600~2500 | | |
| | 乔司 | 8 | | 600 | $Pz^2$; $J_3h$ | K | >1600 | | |
| | 三墩 | 9 | | 250 | $Pz^2$; $J_3h$ | K | 1000 | | |
| | 柯桥 | 10 | | 835 | $Pz^1$; $J_3h$ | K | 817 | | |
| 浙中盆地区 | 长河 | 11 | 浙中 | 435 | $J_3m$ | K; E | >2032 | 地质、地震、浅中钻普查 | 显示井1口 |
| | 宁波 | 12 | | 1125 | $J_3m$ | K; N | 3610 | 地质、地震、浅中钻普查 | 显示井9口 |
| | 嵊县—新昌 | 13 | | 1050 | $J_3m$ | K; N | >1384 | 地质地震普查 | |
| | 永康—南马 | 14 | | 912.5 | $J_3m$ | K | 2841 | 地质、浅钻普查 | 显示井31口 $H_2^4$孔捞油600毫升 |
| | 武义 | 15 | | 490 | $J_3m$ | $K_1$ | 1943 | 地质普查 | |
| | 丽水 | 16 | | 212.5 | $J_3m$ | K | 1510 | | |
| 浙中—闽西北盆地区 | 峡口 | 17 | | 287 | $J_3m$ | K | 1426 | | |
| | 富岭 | 18 | 浙闽交界 | 672.5 | $Pz^1$ | J; $K_1$ | >5700 | | |
| | 建瓯 | 19 | 闽西北 | 850 | Pz | $J_3$–$J_1$; $J_3$ | 1451~3001 | | |
| | 均口 | 20 | | 387.5 | $Pz^1$; r3 | $J_3$; K | 1400 | 地质、浅钻普查 | |
| | 沙县 | 21 | | 290 | Pz | $J_1$; $J_3$; K | >1757 | 地质普查 | |
| | 连城 | 22 | | 250 | $Pz^2$; $r_5^3$ | $J_3$; $K_2$ | 2579 | 地质、浅中钻普查 | |
| | 漳平 | 23 | | 1059 | $T_{1-2}$ | $T_3$–$J_2$; $J_3$ | 5271 | 地质、浅钻普查 | |
| | 长汀 | 24 | | 742 | Pz | $J_{1-2}$ | >1818 | 地质普查 | |
| 浙闽东南部盆地区 | 天台 | 25 | 浙东南 | 477 | $J_3m$ | K、N | 3026 | | |
| | 湮浦 | 26 | | 500 | $J_3m$ | K、N | >1490 | | |
| | 仙居 | 27 | | 365 | $J_3m$ | K | 792 | | |
| | 临海 | 28 | | 530 | $J_3m$ | $K_1$ | 1603 | | |
| | 浮戈 | 29 | | 205 | $J_3m$ | K | | | |
| | 文城 | 30 | | 475 | $J_3m$ | $K_1$ | 1069 | | |
| | 水头街 | 31 | | 537 | $J_3m$ | $K_1$ | 1243 | | |

续表

| 区 盆组合区 | 盆地名称 | 图上编号 | 省区位置 | 盆地面积 ($km^2$) | 盆地基底 | 组合盆地 | 沉积岩厚度 (m) | 勘探程度 | 勘探成果 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 浙闽东南部盆地区 | 泗溪—柘荣 | 32 | 浙闽交界 | 859.5 | $J_3m$ | $J_3b$，$K_1$ | 3037 | 地质普查 | |
| | 矾山—福鼎 | 33 | | 1368.5 | $J_3n$ | $K_1$ | 1721 | | |
| | 漳山 | 34 | 闽东南 | 512.5 | $Pz^1$ | $J_1$；$J_3$；$K_1$ | >2635 | | |
| | 双溪 | 35 | | 697.5 | $J_3n$ | $J_3b$；$K_1$ | 3966 | | |
| | 西洋 | 36 | | 230 | $P_y$ | $T_3$—$J_1$；$J_3$ | 2462 | | |
| | 岐峰里 | 37 | | 250 | $J_3n$ | $J_3b$；$K_1$ | 2269 | | |
| | 碧里 | 38 | | 237.5 | $J_3n$；$r5^2$ | $K_1$ | 7873 | | |
| | 尤溪 | 39 | | 695 | Pz | $J_1$；$J_3$ | 5337 | | |
| | 白云 | 40 | | 450 | $J_3n$ | $K_1$ | >1357 | | |
| | 永泰 | 41 | | 2150 | $J_3n$ | $J_3b$；$K_1$ | 4514 | | |
| | 南靖 | 42 | | 570 | | $T_3$—$J_1$；$J_3$ | >3713 | | |
| | 安厚 | 43 | | 200 | $J_3n$ | K | 3291 | | |
| 浙闽沿海盆地区 | 佛昙 | 44 | | 237 | $r5^1$；$r5^2$ | N | 195 | 地质浅钻普查 | |
| | | | | | | | | | |

(1) 浙西盆地区块区　位于浙西北西部，扬子地台东南缘。由海相区块和陆相盆地组成，以海相区块为主。区内分布有浙西海相区块，面积 26510 平方公里，5 个主要陆相盆地，总面积 5404.5 平方公里。为以海相为主的海陆相油气勘探评价区。

(2) 浙北区块、盆地区　位于浙西北北部，扬子地台东南缘。由陆相盆地和海相区块组成。区内分布有浙北海相区块，面积 12800 平方公里，5 个主要陆相盆地，总面积 4230 平方公里。海相区块为陆相盆地和第四系叠加覆盖，面目不清。为陆海相油气勘探评价区。

(3) 盆地组合区　共有 4 个，分布于华南地台区。

1) 浙中盆地区：位于浙中，由燕山晚期（K）和喜山期（E—N）等不同时期的盆地组合而成。区内分布有 6 个主要陆相盆地，总面积 4225 平方公里。为白垩系、第三系陆相油气勘探评价区。

2) 闽西北—浙中盆地区：位于浙中—闽西北，由印支—燕山早期（$T_3$—$J_2$）、燕山中期（$J_3$）、燕山晚期（K）等不同时期的盆地组合而成，以印支—燕山早期（$T_3$—$J_2$）、燕山中期（$J_3$）盆地为主。区内分布有 8 个主要盆地，总面积为 4538 平方公里。为以侏罗系为主的陆相油气勘探评价区。

3) 浙闽东南部盆地区：位于浙闽东南部，主要由燕山晚期（K）盆地组成，闽东南地区分布有印支—燕山早期（$T_3$—$J_2$）和燕山中期（$J_3$）盆地。区内发育有 19 个主要盆地，总面积 11309.5 平方公里。为侏罗系、白垩系陆相油气勘探评价区。

4) 浙闽沿海盆地区：位于浙闽东南部沿海，由燕山晚期（K）和喜山期（N）盆地组成。区内分布有 1 个主要陆相盆地，面积 237 平方公里。为第三系陆相油气勘探评价区。

# 第四章　石油地质基本条件[1]

浙闽陆地总面积约 223100 多平方公里，其中沉积岩约 64139 平方公里，约占 28.75%，剩余地区均为变质岩、侵入岩、火山岩等岩类分布（表 4-4-1；图 4-4-1）。

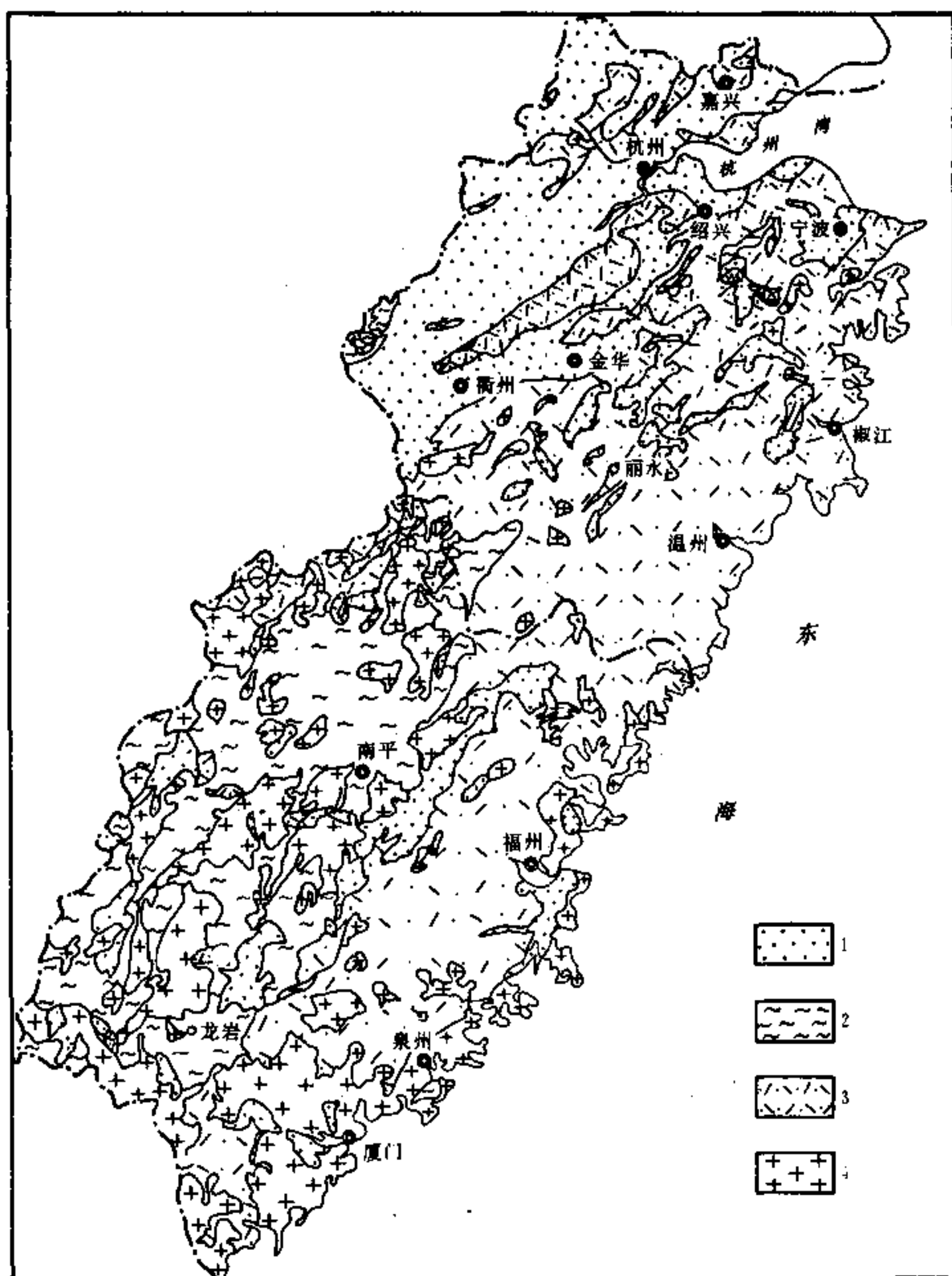



图 4-4-1　浙闽三大岩类露头分布略图

1—沉积岩；2—变质岩；3—火山岩；4—侵入岩

[1]参阅苏、浙、皖、闽地区油气资源评价报告，1986。

**表 4-4-1　浙闽三大岩类出露面积略表**

<table>
<tr><th rowspan="3">省区</th><th rowspan="3">陆地面积(km²)</th><th colspan="2">沉积岩</th><th colspan="2">变质岩</th><th colspan="7">火成岩</th></tr>
<tr><th rowspan="2">面积(km²)</th><th rowspan="2">百分比(%)</th><th rowspan="2">面积(km²)</th><th rowspan="2">百分比(%)</th><th colspan="2">侵入岩</th><th colspan="5">火山岩</th></tr>
<tr><th>面积(km²)</th><th>百分比(%)</th><th>层位</th><th colspan="2">面积(km²)</th><th colspan="2">百分比(%)</th></tr>
<tr><td rowspan="3">浙江</td><td rowspan="3">101800</td><td rowspan="3">42521</td><td rowspan="3">41.77</td><td rowspan="3">1827</td><td rowspan="3">1.79</td><td rowspan="3">6082</td><td rowspan="3">5.97</td><td>J</td><td>50450</td><td rowspan="3">51370</td><td>49.56</td><td rowspan="3">50.46</td></tr>
<tr><td>K</td><td>300</td><td>0.29</td></tr>
<tr><td>N</td><td>620</td><td>0.61</td></tr>
<tr><td rowspan="3">福建</td><td rowspan="3">121300</td><td rowspan="3">21618</td><td rowspan="3">17.82</td><td rowspan="3">27000</td><td rowspan="3">22.26</td><td rowspan="3">40317</td><td rowspan="3">33.24</td><td>J</td><td>29165</td><td rowspan="3">32365</td><td>22.39</td><td rowspan="3">26.68</td></tr>
<tr><td>K</td><td>5055</td><td>4.17</td></tr>
<tr><td>N</td><td>145</td><td>0.12</td></tr>
<tr><td rowspan="3">合计</td><td rowspan="3">223100</td><td rowspan="3">64139</td><td rowspan="3">28.75</td><td rowspan="3">28827</td><td rowspan="3">12.92</td><td rowspan="3">46399</td><td rowspan="3">20.80</td><td>J</td><td>77615</td><td rowspan="3">83735</td><td>34.79</td><td rowspan="3">37.53</td></tr>
<tr><td>K</td><td>5355</td><td>2.40</td></tr>
<tr><td>N</td><td>765</td><td>0.34</td></tr>
</table>

浙闽沉积岩分布范围内，分布有海相区块、陆相盆地、第四系天然气等三个油气勘探领域，它们各自具有不同的石油地质条件和分布特点。本章仅论述海相区块、陆相盆地等二个油气勘探领域；第四系天然气在第七章进行论述。

## 第一节　海相沉积区块

由古生代—中生代早三叠世（$Z_2$–$T_1$）残存海相沉积岩区块组成，有浙西和浙北二块，分布于浙西北，总面积约为39310平方公里。浙西区块经长兴—安吉和淳安—桐庐等二个地区的钻探，碳沥青和油气显示比较普遍，在龙潭煤系中捞获少量原油，但未获工业油气流，为具备区域油气勘探远景的海相勘探领域。

### 一、生储盖组合条件

*1. 生油层*

海相区块的震旦系至下三叠统均具备有不同程度的生油条件，有14个生油单元，主要的生油单元有11个（表4-4-2）。生油岩主要由暗色泥质岩类和细粉泥晶灰岩类组成，11个主要生油单元累计总厚度为1547.8米。其中：石灰岩类937.4米，主要发育于碳酸盐岩台地及其边缘地区；泥质岩类610.4米，主要发育于浅海盆地和滨岸碎屑岩台地—海陆过渡相区。

(1) 有机质丰度　海相区块的生油岩，由于多数处于过成熟演化阶段，故其有机质丰度指标普遍有所减低，但以有机碳为主要指标的有机质丰度仍然比较高。

泥质岩类：有机碳平均含量0.54～1.82%；氯仿沥青“A”平均含量0.0035～0.052%；烃含量20～317ppm。

石灰岩类：有机碳平均含量0.21～0.91%；氯仿沥青“A”平均含量0.0037～0.076%；烃含量17～566ppm。

表 4-4-2　浙西北海相区块生油条件数据表

| 生油单元 | 分布地区 | 生油岩平均厚度(m) | | | 地球化学指标平均含量 | | | | 有机质类型 | 成油期 | | | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 总厚度 | 石灰岩类 | 泥质岩类 | 岩类 | C% | “A”% | 烃含量 ppm | | 开始 | 终止 | 现阶段 | |
| 三叠系下统 ($T_1$) | 浙西区块零星分布，主要分布于北部长兴地区 | 碳酸盐岩夹泥质岩 | | | 石灰岩 | 0.095 | 0.00446 | | | | | | 见油气苗 |
| 长兴组 ($p_2ch$) | | 66.8 | 62.1 | 4.7 | 石灰岩 | 0.69 | 0.076 | 566 | 腐泥–腐植型 | $J_{1-2}$ 中期 | $J_3$ 中期 | 成熟 | 油气苗普遍 |
| 龙潭组 ($P_2l$) | | 99.1 | 1.7 | 97.4 | 泥质岩 | 1.01 | 0.052 | 191 | | | | 高熟—成熟 | 油气苗普遍见有少量油流 |
| 孤峰组 ($P_1g$) / ($P_1d$) 丁家山组 | | 泥质岩夹碳酸盐岩 | | | 泥质岩 | 1.64 | 0.0035 | 317 | 腐植–腐泥型 | $J_{1-2}$ 早期 | $J_3$ 早期 | | |
| 栖霞组 ($P_1q$) | | 174.2 | 160.2 | 14 | 石灰岩 | 0.91 | 0.0317 | 318 | | | | 过熟—成熟 | 油苗普遍 |
| 船山组 ($C_2ch$) | | 碳酸盐岩 | | | 石灰岩 | 0.23 | 0.0037 | 17 | | | | 过熟—高熟 | 井下见荧光岩屑，局部见重质沥青 |
| 胡乐组 ($O_2h$) | 浙西区块内局部分布 | 30.3 | 0.4 | 29.9 | 页岩 | 0.87 | 0.007 | 35 | 腐泥型 | $S_2$ 早期 | $D_{1-2}$ 早期 | 过熟 | 碳沥青 4 处 |
| 宁国组 ($O_1n$) | | 159.4 | 5.2 | 154.2 | 页岩 | 0.54 | 0.0055 | 20 | | $S_2$ 早期 | $S_3$ 晚期 | | 碳沥青 2 处 |
| 西阳山组 ($\epsilon_3x$) | 浙西区块内广泛分布 | 218 | 203.5 | 14.5 | 石灰岩 | 0.26 | 0.0045 | | | $S_1$ 中期 | $S_3$ 早期 | | 碳沥青 1 处 |
| 华严寺组 ($\epsilon_3h$) | | 146.1 | 144 | 2.1 | 石灰岩 | 0.21 | 0.0045 | | | | | | 碳沥青 1 处 |
| 杨柳岗组 ($\epsilon_2y$) | | 232.8 | 174 | 58.8 | 石灰岩 | 0.45 | 0.0043 | | | $O_3$ 中期 | $S_2$ 晚期 | | 碳沥青 6 处 |
| 大陈岭组 ($\epsilon_1d$) | | 36.3 | 33.3 | 3.0 | 石灰岩 | 0.51 | 0.0050 | | | $O_2$ 中期 | $S_2$ 中期 | | |
| 荷塘组 ($\epsilon_1h$) | | 202.2 | 6.7 | 195.5 | 页岩 | 1.82 | 0.010 | 53 | | | | | 碳沥青 38 处 |
| 西峰寺组 ($Z_2x$) | | 182.6 | 146.3 | 36.3 | 石灰岩 | 0.27 | 0.0051 | | | $O_1$ 早期 | $S_2$ 早期 | | 碳沥青 9 处 |

海相区块由于勘探程度低，探井少，故大多生油岩分析样品取于地面，而少量探井生油样品分析资料证明：井下的有机碳含量大多高于地表样品，地面含量相当于井下含量的0.35～0.86，大多为0.5左右（表4-4-3）。故区块内现有地面样品的有机碳含量偏低，地下的含量将比地面现有的含量增加一倍左右，有机质丰度比较高。

**表4-4-3　浙西北海相区块地面、井下有机碳含量对比表**

| 层位 | 地面 | | 井下 | | 地面与井下比值 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 含量(%) | 资料来源 | 含量(%) | 资料来源 | |
| 长兴组($p_2ch$) | 0.48<br>(10) | 长兴煤青剖面 | 1.00<br>(7) | 煤8井、煤13井 | 0.48 |
| 栖霞组($p_1q$) | 0.38<br>(19) | 长兴葡萄山、龙舌岕剖面 | 0.99<br>(126) | 煤深1井、煤7井 | 0.38 |
| 长坞组($O_3ch$) | 0.10<br>(6) | 淳安西阳剖面 | 0.20<br>(76) | 富深1井 | 0.50 |
| 奥陶系中统($O_2$) | 1.14<br>(5) | 建德安仁百井坐，桐庐东辉剖面 | 1.33<br>(9) | 富深1井、东辉1井 | 0.86 |
| 杨柳岗组($C_2y$) | 0.32<br>(4) | 余杭超山剖面 | 0.51<br>(12) | 杭23井、杭24井 | 0.63 |
| 大陈岭组($C_1d$) | 0.49<br>(2) | 余杭超山剖面 | 0.77<br>(10) | 杭23井、杭24井 | 0.64 |
| 西峰寺组($Z_2x$) | 0.09<br>(2) | 余杭超山剖面 | 0.26<br>(22) | 杭23井 | 0.35 |

(2) 有机质类型　海相区块的生油岩经干酪根镜鉴，族组分及其饱和烃与芳香烃比，红外光谱等资料的综合分析，有机质类型主要由腐泥型、混合型组成，腐植型仅个别见及，生油母质较好（表4-4-4）。

震旦系上统—奥陶系（$Z_2$–$O_3$）　为腐泥型，其干酪根镜鉴有机质类型为腐泥型、腐植-腐泥型及腐植型等几种类型。腐植型镜像为黑色絮状物和煤颗粒，可能属高变质的干酪根，其生物结构及形态已遭改造和破坏，所反映的腐植型镜像可能为假像。饱和烃与芳烃比均大于3，多数在5.20～15.7范围。红外吸收光谱中反映腐泥型富含烷烃结构的2920cm$^{-1}$、2850～2855cm$^{-1}$、1460cm$^{-1}$、1380cm$^{-1}$、720cm$^{-1}$等吸收峰普遍出现；反映腐植型芳烃结构的750cm$^{-1}$、810cm$^{-1}$、1600cm$^{-1}$等吸收峰则很少出现或不出现，1460cm$^{-1}$与1600cm$^{-1}$比值在3.80～4.75。

志留系—下二叠统（$S_1$–$P_1$）　为腐植-腐泥型，其干酪根镜鉴有机质类型为腐植-腐泥型、腐泥-腐植型。饱和烃与芳香烃比1.89～3.44。红外吸收光谱中不仅反映腐泥型富含烷烃结构的2920cm$^{-1}$、2850cm$^{-1}$—2855cm$^{-1}$、1460cm$^{-1}$、1380cm$^{-1}$、720cm$^{-1}$等吸收峰普遍出现，同时反映腐植型芳香烃结构的750cm$^{-1}$、810cm$^{-1}$、1600cm$^{-1}$等吸收峰也普遍出现，1460cm$^{-1}$与1600cm$^{-1}$比值由1.75～2.89。

上二叠统（$P_2$）　为腐泥—腐植型，其干酪根镜鉴有机质类型为腐植型。饱和烃与芳香烃比1.18～1.64。红外吸收光谱的特点同志留系—二叠系下统相似,1460cm$^{-1}$与1600cm$^{-1}$比值为2.55～2.91。

表 4-4-4　浙西北海相区块生油岩有机质类型表

| 层位 | 干酪根镜鉴类型 | 族组分 | | | 红外光谱 | | | 综合评定类型 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 饱和烃 | 芳香烃 | 饱／芳 | 2920、1460<br>2850–2855<br>700–720<br>1380 | 1600、860<br>800–810<br>750 | $\frac{1460}{1600}$ | |
| 长兴组($P_2ch$) | | 22.32 | 18.85 | 1.18 | 普遍出现 | 普遍出现 | 2.55 | 腐泥–腐植型 |
| 龙潭组($P_2l$) | 腐植型 | 22.35 | 13.95 | 1.64 | | | 2.91 | 腐泥–腐植型 |
| 孤峰组($P_1g$) | | 30.45 | 15.69 | 1.94 | | | 2.63 | 腐植–腐泥型 |
| 丁家山组($P_1d$) | | | | | | | 2.89 | 腐植–腐泥型 |
| 栖霞组($P_1q$) | 腐植–腐泥型<br>腐泥–腐植型 | 37.35 | 19.75 | 1.89 | | | 4.12 | 腐植–腐泥型 |
| 船山组($C_2c$) | | 32.57 | 9.75 | 3.34 | | | 1.75 | 腐植–腐泥型 |
| 黄龙组($C_2h$) | | 30.15 | 11.83 | 2.55 | | | 2.81 | 腐植–腐泥型 |
| 志留系下统($S_1$) | | | | | | | 2.40 | 腐植–腐泥型 |
| 长坞组($O_3ch$) | | | | | 普遍出现 | 很少出现或不出现 | | 腐泥型 |
| 黄泥岗组($O_3h$) | | | | | | | | 腐泥型 |
| 奥陶系中统($O_2$) | 腐植–腐泥型<br>腐泥–腐植型 | 27.87 | 5.36 | 5.20 | | | | 腐泥型 |
| 宁国组($O_1n$) | 腐植型–腐泥型 | 33.07 | 4.61 | 7.17 | | | | 腐泥型 |
| 印渚埠组($O_1y$) | | | | | | | | 腐泥型 |
| 西阳山组($\in_3y$) | | | | | | | 4.75 | 腐泥型 |
| 华严寺组($\in_3h$) | | | | | | | | 腐泥型 |
| 杨柳岗组($\in_2y$) | | | | | | | | 腐泥型 |
| 大陈岭组($\in_1d$) | | | | | | | | 腐泥型 |
| 荷塘组($\in_1h$) | | 47.44 | 3.02 | 15.17 | | | | 腐泥型 |
| 西峰寺组($Z_2x$) | 腐泥–腐植型 | | | | | | 3.80 | 腐泥型 |

(3) 生油岩成熟度　海相区块的生油岩根据区内有机质成熟度划分标准（表 4–4–5），处于高变质过成熟甲烷气至低熟成油演化阶段，多数处于高变质过成熟甲烷气演化阶段，有机质热演化程度高（表 4–4–6）。

表 4-4-5　浙西北海相区块有机质成熟度划分标准

| 指标 \ 成熟度 | 未成熟 | 成　熟 | 高成熟 | 过成熟 |
|---|---|---|---|---|
| 镜质体反射率($R_o$) | <0.5 | >0.5～1.3 | 1.3～2.0 | >2.0 |
| 热解后峰温($T_{max}$) | <435 | 435～460 | 460～485 | >485 |
| 孢粉色变指数(TAI) | <2.5 | 2.5～3.5 | | >3.5 |

表 4-4-6 浙西北海相区块生油岩成熟度表

| 层位 | 指标 | | | | | 演化阶段 | | | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 煤阶 | 镜质体反射率 ($R_o$) | 热解后峰温度 ($T_{max}$) | 孢粉色变指数 (TAI) | 牙形石色变指数 (CAI) | 变质带 | 成熟度 | 油气带 | |
| 长兴组 ($P_2ch$) | 气煤 | 1.11 | 443 | | 1.5–2 | 低变质 | 成熟 | 原油 | 油苗 |
| 龙潭组 ($P_2l$) | 肥煤 | 1.53 | 457 | 3 | | 中变质 | 高成熟 | 凝析油 湿气 | |
| 丁家山组 ($P_1d$) | 贫煤 | 1.92 | 469 | 3～3.5 | 2 | | | | |
| 栖霞组 ($P_1q$) | 无烟煤 | 2.95 | 461 | 3.5～4 | 2–3 | 高变质 | 过成熟 | 甲烷气 | |
| 船山组 ($C_2c$) | 瘦煤 | 2.08 | 477 | 3.5～4 | 2–3 | | | | |
| 黄龙组 ($C_2h$) | 瘦煤 | | 471 | | 2–3 | | | | |
| 叶家圹组 ($C_1y$) | 无烟煤 | 2.92 | | 4 | | | | | |
| 金陵组 ($C_1g$) | 无烟煤 | 4.16 | | | | | | | |
| 志留系下统 ($S_1$) | 无烟煤 | 3.31 | | | | | | | 碳沥青 |
| 长坞组 ($O_3ch$) | 无烟煤 | 4.29 | | 4～4.5 | 4–5 | | | | |
| 奥陶系中统 ($O_2$) | 瘦煤 | 2.40 | | 4 | 4–5 | | | | |
| 宁国组 ($O_1n$) | 无烟煤 | 2.67 | 491 | 4 | 5 | | | | |
| 印渚埠组 ($O_1y$) | 无烟煤 | 4.15 | 477 | 4 | 5 | | | | |
| 西阳山组 ($\in_3x$) | 无烟煤 | 4.95 | 485 | | | | | | |
| 华严寺组 ($\in_3h$) | 无烟煤 | 5.12 | | | | | | | |
| 杨柳岗组 ($\in_2y$) | 无烟煤 | 4.28 | | | | | | | |
| 大陈岭组 ($\in_1d$) | 无烟煤 | 4.10 | | | | | | | |
| 荷塘组 ($\in_1h$) | 无烟煤 | 3.73 | | | | | | | |
| 西峰寺组 ($Z_2x$) | 无烟煤 | 3.99 | | | | | | | |

西峰寺组—栖霞组（$Z_2x$–$P_1q$）处于高变质过成熟甲烷气演化阶段。煤牌号由无烟煤—瘦煤组成，以无烟煤为主，其中西峰寺组—志留系（$Z_2x$—s）所见之无烟煤均为碳沥青。镜质体反射率（$R_o$）2.08～5.12，其中西峰寺组—金陵组（$Z_2x$–$c_j$）以 3.7～5 为主，叶家塘组—栖霞组（$c_1y$～$p_1q$）由 2.1～2.9。牙形石色变指数（CAI）2～5，其中印渚埠组—长坞组

($O_1y$—$O_3ch$）为 4～5，栖霞组—船山组（$p_1q$—$C_2c$）为 2～3。孢粉色变指数（TAI）3.8～4.5。热解后峰温度（$T_{max}$）471°～491℃。碳沥青分布广泛，油气苗少见，仅在栖霞组（$p_1q$）石灰岩裂隙晶洞中见有油苗。

丁家山组—龙潭组（$p_{1d}$—$p_2l$）处于中变质高成熟凝析油，湿气演化阶段。煤牌号由贫煤—肥煤。镜质体反射率（$R_o$）1.53～1.92。牙形石色变指数（CAI）为 2。孢粉色变指数（TAI）3～3.5。热解后峰温度（$T_{max}$）457°～469℃。龙潭组（$p_2l$）砂岩中见油苗。

长兴组—三叠系下统（$p_2ch$−$T_1$）处于低变质成熟成油演化阶段。煤牌号为气煤。镜质体反射率（$R_0$）1.11。牙形石色变指数 1.5～2。热解后峰温度（$T_{max}$）443℃。长兴组—三叠系下统（$p_2ch$−$T_1$）石灰岩裂隙、晶洞中普遍见油苗。

区块内生油岩有机质成熟度自下而上由深到浅变化的基本特征说明：区内生油岩的热演化主要受深成变质作用控制，岩浆热液的变质作用和区域动力变质作用不太明显。

（4）成油期　海相区块的生油层利用洛帕京的时温指数法（TTI）计算结果，成油期比较早。震旦系上统—奥陶系中统生油岩（$Z_2$−$O_2$）成油始于早奥陶世早期—中志留世早期（$O_1$ 早—$S_2$ 早），止于中志留世早期—晚志留世（$S_2$ 早−$S_3$）。二叠系生油岩（$P_1$−$P_2$）成油始于早中侏罗纪世（$J_{1-2}$），止于晚侏罗世（$J_3$），（表 4−4−7）。

**表 4−4−7　浙西北海相区块生油层成油门限及其成油期简表**

| 生油层 | 温度(℃) | | 深度(m) | | 年代(Ma) | | 地质时期 | | 现阶段成熟度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 开始 | 终止 | 开始 | 终止 | 开始 | 终止 | 开始 | 终止 | |
| $Z_2$ | 75.6 | 187.1 | 1687.1 | 4739.3 | 99.0 | 164.2 | $O_1$ 早 | $S_2$ 早 | 过成熟 |
| $\in_1$ | 77.2 | 190.5 | 1573.0 | 4845.3 | 78.2 | 119.3 | $O_2$ 中 | $S_2$ 中 | 过成熟 |
| $\in_2$ | 82.9 | 195.3 | 1755.0 | 4825.4 | 75.1 | 105.3 | $O_3$ 中 | $S_2$ 晚 | 过成熟 |
| $C_3$ | 108.1 | 197.5 | 2579.3 | 4858.6 | 73.4 | 92.1 | $S_1$ 中 | $S_3$ 早 | 过成熟 |
| $O_1$ | 123.7 | 198.6 | 2910.3 | 4844.4 | 53.3 | 69.8 | $S_2$ 早 | $S_3$ 晚 | 过成熟 |
| $O_2$ | 126.1 | 185.5 | 2879.3 | 4735.8 | 34.2 | 51.8 | $S_2$ 早 | $D_{1-2}$ 早 | 过成熟 |
| $P_1$ | 97.9 | 195.0 | 2039.2 | 4847.5 | 62.9 | 101.8 | $J_{1-2}$ 早 | $J_3$ 早 | 高成熟−过成熟 |
| $P_2$ | 99.9 | 198.1 | 2127.8 | 5066.8 | 59.9 | 94.0 | $J_{1-2}$ 中 | $J_3$ 中 | 成熟−高成熟 |

（5）生油能力　根据油气资源预测，区内 4 个系、11 个主要生油单元的生油总量为 412.97～1219.42 亿吨（概率 90～10%），生油岩总体积 49649.87 立方公里，单位生油岩体积生油能力为 83.18～245.60 万吨／立方公里。其生油能力较高，油源比较丰富。

（6）油气苗　据不完全统计，浙西海相区块内分布有油气苗、碳沥青、荧光显示共 176 处多，除泥盆系外各系均有分布。震旦系—志留系以碳沥青为主，石炭系—三叠系下统以油气苗为主（图 4−4−2）。

震旦系—志留系（Z−S）碳沥青共 68 处，纵横向分布均广泛。其中以西峰寺组（$Z_2x$）、寒武系（$\in$）的分布点最多，志留系（S）的规模最大（表 4−4−8）。碳沥青产自砂岩、石灰岩、白云岩、硅质岩、泥质岩等不同岩类的孔隙、孔洞、晶隙、晶洞、裂隙、断层

等原、次生储集空间，呈星点状、球珠状、团块状、透镜状、层状、脉状等多种产状产出。部分碳沥青富集为具有开采价值的碳沥青矿藏，如安吉康山碳沥青矿。

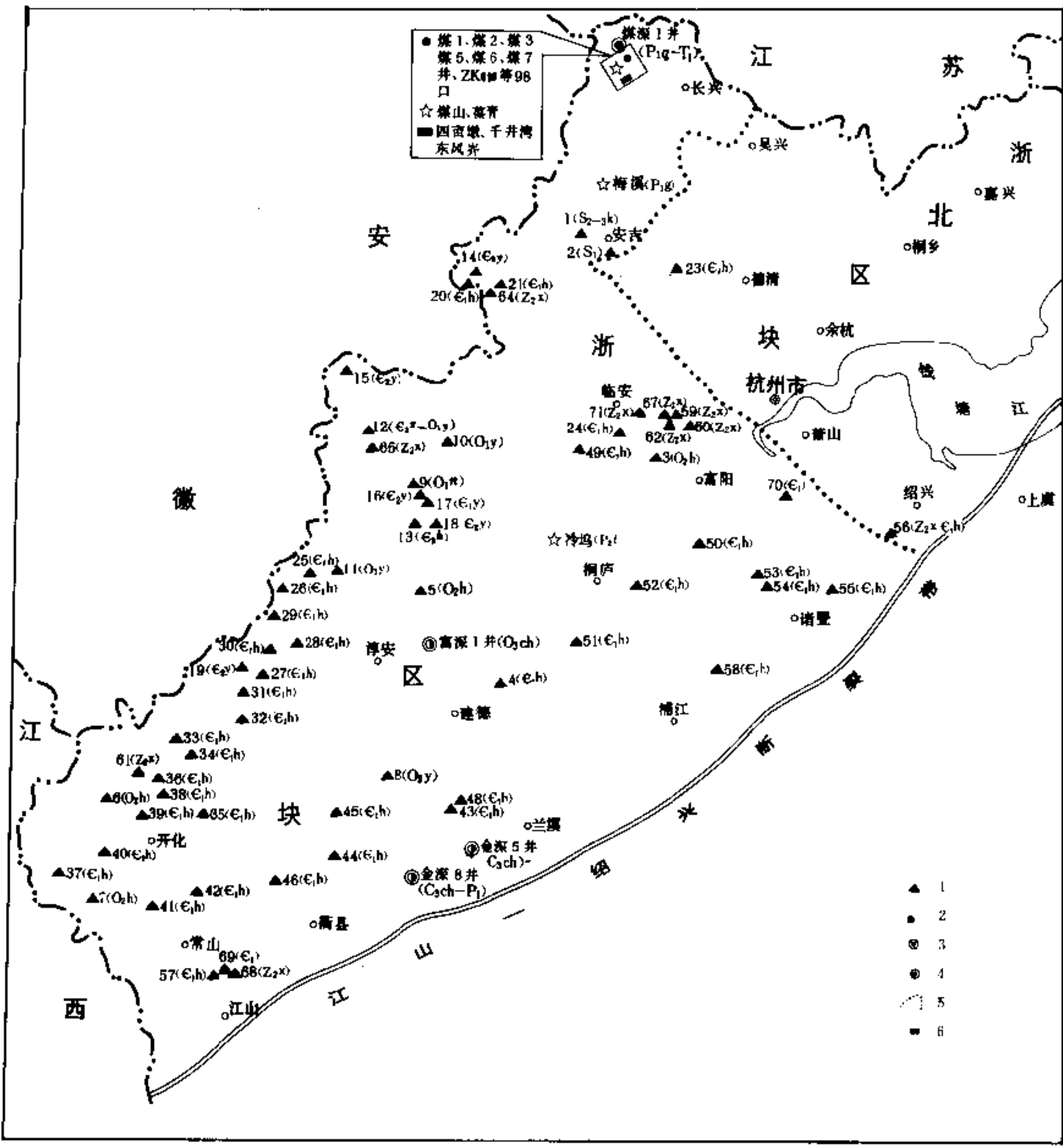


图 4-4-2　浙西北海相区块油气苗分布略图

1—碳沥青点；2—井下油苗；3—井下荧光；4—地面油苗；5—区块界线；6—煤巷油流

二叠、三叠系（P−$T_1$）油气苗共 104 多处，包括 98 口钻井油气苗，3 个油流巷道，3 处以上地面油气苗。大量的油气苗见于煤田钻孔和采煤巷道，共有 98 口煤探井和 3 个采煤巷道见有油气显示，占油气苗总数的 91.12%。油气苗产自砂岩、石灰岩、粉砂岩、泥质岩、硅质泥岩等不同岩类的孔隙、裂隙、晶洞等原次生储集空间，呈油迹、油斑、油浸、油流、气泡等产出，以龙潭组（$p_2l$）的显示为最好（表 4-4-9）。

**表 4-4-8 浙西北海相区块下古生界碳沥青简表**

| 分布层位 | 岩性 | 矿点数(个) | | 产 状 | 产出空间 |
|---|---|---|---|---|---|
| 康山组($S_2$kn) | 砂 岩 | 2 | 1 | 脉状 | 断裂、裂隙 |
| 安吉组($S_1$a) | 泥岩夹砂岩 | | 1 | 脉状 | 裂隙 |
| 胡乐组($O_2$h) | 泥岩、硅质岩 | 8 | 4 | 层内串珠状 | 层间裂隙 |
| 宁国组($O_1$n) | 泥岩 | | 2 | 层内串珠状 | 层间裂隙 |
| 印渚埠组($O_1$y) | 钙质泥岩 | | 2 | 脉状 | 裂隙 |
| 西阳山组-印渚埠组(€$_3$x-$O_1$y) | 石灰岩 | 1 | | 脉状 | 裂隙 |
| 华严寺组(€$_3$n) | 石灰岩 | 47 | 1 | | |
| 杨柳岗组(€$_2$y) | 石灰岩、泥质页岩 | | 6 | | |
| 荷塘组(€$_1$h) | 泥岩夹硅质岩、石煤 | | 38 | 透镜状、层内串珠状 | |
| 寒武系下统(€$_1$) | | | 1 | | |
| 寒武系(€) | | | 1 | | |
| 西峰寺组-荷圹组($Z_2$x-€$_1$h) | | 1 | | | |
| 西峰寺组($Z_2$x) | 白云岩、泥岩、砂岩 | 9 | | 层状、脉状、星点状 | 裂隙、孔隙、孔洞、层间裂隙、生物骨架、缝合线 |
| 合 计 | | 68 | | | |

龙潭组（$p_2$l）的油气显示最广泛，以油流为主，在 3 个巷道和 2 口浅井中均捞获过原油。巷道日捞原油 30～150 公斤，可经数月至两年之久；浅井日捞原油 1～4 公斤，水 160～300 公斤，伴有气产出。据不完全统计，已捞获的原油总量在 61134.75 公斤以上。所获原油呈黄绿色—棕黄色，相对密度 0.87～0.89，含蜡量 1.93～3.82%，含硫量一般不超过 2%，凝固点 1～8℃；族组分中的饱和烃 60%，芳香烃 15%，沥青质 0.5%以下。

奥陶系—二叠系（$O_3$—$p_2$l）荧光显示初步统计共 4 处，包括 3 口钻井显示和一处地面显示。

淳安富深 1 井井深 996～2734 米处（$O_3$ch）泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩的方解石脉中，有 19 个荧光薄片见金黄色荧光，强度为中等。

金衢盆地金深 5 井井深 2122～2124 米上石炭统石灰岩裂隙中见浅黄色荧光。

金衢盆地金深 8 井井深 2553.5～3035 米下二叠统发现荧光石灰岩屑 181 颗，荧光砂岩岩屑 173 颗。井深 3035～3320.93 米上石炭统发现荧光石灰岩岩屑 64 颗。大多荧光岩屑呈黄—浅黄及浅蓝色，少量为桔红—暗黄色，偶见有黑褐色重质沥青。

桐庐冷坞—金潭埠剖面上二叠统第 71 层灰黄色岩屑石英砂岩厚 14.18 米，薄片鉴定为有机质泥质岩屑中—细石英砂岩，荧光薄片观察发黑褐色、蓝白色、黄色荧光，强度弱，少量为中等，属孔隙及颗粒型发光类型。

*2. 储集层*

海相区块的西峰寺组—下三叠统（$Z_2x$—$T_1$）中，分布有各类碳酸盐岩和碎屑岩，发育有各类原次生储集空间，均具备有不同程度的储集条件。共有24个储集单元，纵向上划分为西峰寺组（$Z_2x$）、大陈岭组—黄泥岗组（$\in_1d$−$O_3h$）、长坞组—高骊山组（$O_3ch$−$C_1g$）、黄龙组—栖霞组（$C_2h$−$p_1q$）、丁家山组—龙潭组（$p_1d$−$p_2l$）、长兴组—下三叠统（$p_2ch$−$T_1$）等6个不同岩类的储集层段（表4−4−10）。

**表4−4−9　浙西北海相区块二、三叠系主要油气苗简表**

| 名称 | 地区 | 层位 | 井深(m) | 岩性 | 油气显示 | 产出空间 | 捞获油量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 煤1井 | 长兴 | $P_2l$ | 292—514 | 石灰岩、砂岩 | 油味、油浸、含油 | 孔隙、裂隙、节理、方解石脉隙 | 煤1井：试油捞获原油3公斤<br>ZK609孔：<br>试油捞获原油28公斤<br>四庙墩巷道：<br>流油达二年之久，日捞油30～80公斤，最高百余公斤，捞获总量超过36吨<br>千井湾坑道：<br>历时7个月中，中2砂岩获油90.35公斤，中3砂岩获油13.4公斤。<br>东风岕巷道：<br>平均日捞油50公斤，最高150公斤，估计捞获总量超过25吨 |
| 煤2井 | | $P_2l$ | 184—1039 | 砂岩 | 油味、油迹、油斑、渗油 | 孔隙、裂隙 | |
| 煤3井 | | $P_2ch$ | 117—144.5 | 石灰岩 | 含油 | 裂隙 | |
| | | $P_2l$ | 166—420 | 页岩、砂岩 | 含油 | 裂隙、孔隙、晶洞 | |
| | | $P_1g$ | 551—565 | 硅质页岩 | 含油 | 裂隙、晶洞 | |
| | | $P_1q$ | 567—624.5 | 石灰岩 | 含油 | 裂隙、晶洞、方解石脉隙 | |
| 煤7井 | | $P_1g$ | 232—244.8 | 硅质页岩 | 油迹、油斑、含油 | 裂隙、晶隙、方解石脉隙 | |
| | | $P_1q$ | 244.8—311 | 石灰岩 | 油迹、油斑、油浸 | 裂隙、方解石脉隙、晶洞 | |
| ZK609 | | $P_2l$ | 186—714.5 | 石灰岩、砂岩 | 油味、油斑、油浸、原油 | 裂隙、孔洞 | |
| 煤深1井 | | $P_1q$ | | 石灰岩、硅质岩 | 荧光、油迹原油 | 孔隙、晶隙、方解石脉 | |
| CK682 | | $T_1qn$ | | 钙质页岩 | 原油 | 裂隙 | |
| 四庙墩巷道 | | $P_2l$ | −196m（海拔） | 砂岩 | 油流 | 孔隙、裂隙 | |
| 千井湾坑道 | | $P_2l$ | −200m（海拔） | 砂岩 | 油流 | 孔隙、裂隙 | |
| 东风岕巷道 | | $P_2l$ | −400m（海拔） | 砂岩 | 油流 | 孔隙、裂隙 | |
| 葆青 | | $P_2ch$ | 地面 | 石灰岩 | 油味、原油 | 层间裂隙方解石晶洞 | |
| 煤山 | | $P_1q$ | 地面 | 石灰岩 | 原油 | 方解石晶洞 | |
| 梅溪 | 安吉 | $P_1q$ | 地面 | | 油苗 | | |

（1）储集岩　海相区块的储集岩主要由碎屑岩中的砂岩和碳酸盐岩中的石灰岩、白云质灰岩及少量白云岩、灰质白云岩组成。6个储集层段平均厚度的累计总厚度5442米。其中：碳酸盐岩2379米，主要发育于碳酸盐岩台地及其边缘相区；砂岩3063米，主要发育于滨岸碎屑岩台地相区。

表 4－4－10　浙西北海相区块储集层段数据表

| 储集层段 | 储层厚度(m) | 分布地区 | 储集单元 单元名称 | 储集单元 代号 | 碎屑岩储集岩 岩性 | 碎屑岩储集岩 厚度(m) | 碎屑岩储集岩 孔隙度(%) | 碎屑岩储集岩 渗透率 $10^{-3}\mu m^2$ | 碎屑岩储集岩 相区带 | 碳酸盐岩储集岩 岩性 | 碳酸盐岩储集岩 厚度(m) | 碳酸盐岩储集岩 孔隙度(%) | 碳酸盐岩储集岩 渗透率 $10^{-3}\mu m^2$ | 碳酸盐岩储集岩 相区带 | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 三叠系下统～长兴组 | >700 | 浙西区块内零星分布，主要分布于北部长兴地区 | 三叠系下统 | $T_1$ | | | | | | 石灰岩 | >700 | 0.18～0.35 | ≤0.05～0.212 | 碳酸盐岩台地及其边缘，发育有长兴台地边缘鲕粒滩($T_1$)，湖州台地边缘浅滩($P_2ch$) | 普见油苗 |
| | | | 长兴组 | $P_2ch$ | | | | | | | | | | | |
| 龙潭组～丁家山组 | 201.2 | | 龙潭组 | $P_2l$ | 砂岩 | 201.2 | 7.72～8.63 | 3.10～4.25 | 浅海盆地—滨岸碎屑岩台地，发育有冷坞碳酸盐岩生物丘($P_1d$) | | | | | | |
| | | | 丁家山组 | $P_1d$ | | | | | | | | | | | |
| 栖霞组～黄龙组 | 316.8 | | 栖霞组 | $P_1q$ | | | | | | | | | | | 普见油苗和油流 |
| | | | 船山组 | $C_2ch$ | | | | | | 石灰岩 | 316.2 | 0.33～0.53 | ≤0.05～0.07 | 碳酸盐岩台地 | $P_1q$普见油苗，$C_2ch$见岩屑荧光 |
| | | | 黄龙组 | $C_2h$ | | | | | | | | | | | |
| 高骊山组～长坞组 | 2773.3 | 浙西区块内零星—局部分布 | 高骊山组 | $C_1g$ | 砂岩，局部夹碳酸盐岩 | 2763.6 | 0.67～5.98 | ≤0.05～0.14 | 浅海盆地—滨岸碎屑岩台地，发育有常山—玉山碳酸盐岩砂屑滩 | | | | | | |
| | | | 西湖组 | $D_3x$ | | | | | | | | | | | |
| | | | 中上志留系 | $S_{2-3}$ | | | | | | | | | | | |
| | | | 康山组 | $S_2kn$ | | | | | | | | | | | 碳沥青2处 |
| | | | 大白地组 | $S_1d$ | | | | | | | | | | | |
| | | | 安吉组 | $S_1a$ | | | | | | 瘤状灰岩 | 9.6 | | | | |
| | | | 文昌组 | $O_3w$ | | | | | | | | | | | |
| | | | 长坞组 | $O_3ch$ | | | | | | | | | | | |
| 黄泥岗组～大陈岭组 | 1189.1 | 浙西区块内广泛—局部分布 | 黄泥岗组 | $O_3h$ | | | | | | 白云质灰岩、石灰岩、瘤状灰岩 | 1189 | 0.392～1.01 | ≤0.05～≤0.07 | 碳酸盐岩台地 | 碳沥青16处 |
| | | | 砚瓦山组 | $O_2y$ | | | | | | | | | | | |
| | | | 闲林埠组 | $O_1x$ | | | | | | | | | | | |
| | | | 留下组 | $O_1l$ | | | | | | | | | | | |
| | | | 西阳山组 | $\in_3x$ | | | | | | 白云岩、藻白云岩、白云质灰岩 | 163.7 | 0.22～0.32 | ≤0.05 | 碳酸盐岩台地及其边缘，发育有余杭～淳安台地边缘浅滩和江山、寨山、绍兴等3个藻礁 | 碳沥青9处 |
| | | | 华严寺组 | $\in_3h$ | | | | | | | | | | | |
| | | | 杨柳岗组 | $\in_2y$ | | | | | | | | | | | |
| | | | 大陈岭组 | $\in_1d$ | | | | | | | | | | | |
| 西峰寺组 | 261.98 | | 西峰寺组 | $Z_2x$ | 砂岩 | 98.3 | | | | | | | | | |

西峰寺组（$Z_2x$）、长坞组（$O_3ch$）、丁家山组（$p_1d$）、长兴组（$p_2ch$）、下三叠统（$T_1$）等不同时期发育的8个滩礁丘，碳酸盐岩储集层特别发育，为碳酸盐岩的重要储集相带。

西峰寺组发育有1个台地边缘浅滩和3个藻礁，即：

余杭—淳安台地边缘浅滩　分布于开化—淳安—桐庐—杭州—嘉兴—长兴一线，为环绕浅海盆地分布的指状台地边缘浅滩，面积大于1万平方公里。沉积厚度113～908米，由灰色—灰黑色砂屑白云岩、白云质含长石石英砂岩、砂质微晶白云岩、页岩等组成。白云岩中富含陆源砂和藻屑，常构成颗粒支撑，晶间孔隙发育。石英砂岩累计厚度可占13.7%；平均渗透率$2.32\times10^{-3}$二次方微米，最大可达$12.35\times10^{-3}$二次方微米。具有较好的储集条件。

江山藻礁　分布于江山一带，西南可延至浙赣边界，为台内藻礁，面积约640平方公里。沉积厚度101～233.8米，礁体由灰色—灰白色藻白云岩、白云岩、豆状白云岩夹少量硅质砂岩、粉砂质泥页岩组成，含柱状叠层石。

绍兴藻礁　分布于绍兴市周围，位于台地与台地边缘浅滩交界处，面积约490平方公里。沉积厚度104米，礁体特征与江山藻礁基本相似。

泰山藻礁　分布于余杭泰山乡一带，为台地边缘浅滩内的藻礁，出露面积约12平方公里，沉积厚度约800米，由灰色—浅灰色白云岩、砂质白云岩、内碎屑灰岩、中—细粒石英砂岩夹石煤层，砂质页岩及粉砂岩组成。顶部厚约50米为浅灰色藻白云岩（柱状叠层石白云岩，纹层状藻藨型白云岩），层纹藻与柱状藻交替生长，构成藻礁体。礁内自下而上均有碳沥青分布，中部见有厚约70米的黑色碳沥青质灰岩和20米厚的碳沥青质砂岩，顶部50米藻白云岩中亦有大量碳沥青产出。具有较好的古储渗条件。

长坞组发育有常山—江山碳酸盐岩砂屑滩，横跨浙赣边界，孤立于广海陆棚内。碳酸盐岩厚度可达1521.93米，以微晶灰岩、泥质微晶灰岩、生物屑灰岩、砂屑灰岩为主夹砾屑灰岩、礁灰岩组成。常见鸟眼、窗格构造。钙质海绵、珊瑚、苔鲜虫、海百合茎、藻类等生物化石丰富。

丁家山组发育有桐庐冷坞碳酸盐岩生物丘，位于丁家山组（$p_1d$）上部，为浅海盆地内的生物丘。厚度84米，由灰色—深灰色块状粉—泥晶生物屑灰岩、结壳状藻灰岩组成，化石极丰富。生物屑灰岩中生物碎屑颗粒发育，经薄片观察，发现有粒内孔、溶孔（洞）、溶缝（沟）、粒间孔、铸模孔、生物体腔孔、遮蔽孔、晶间孔及缝合线、裂缝等各类储集空间，原始储集条件比较好，但这些空间均受到成岩后生作用的改造，为大量泥质所充填。

长兴组发育有湖州碳酸盐岩台地边缘浅滩，分布于湖州、长兴一带，西南延至安徽境内，东北入太湖后续延，面积达3000平方公里左右。由石灰岩、深灰色厚层—块状生物砾屑（砂屑）亮晶灰岩、微晶生物砾屑（砂屑）灰岩、微—细晶灰岩及白云质灰岩组成。䗴、有孔虫、腕足、藻类、棘皮等碎屑颗粒发育，厚度120～132米。滩体中石灰岩裂隙油苗分布普遍。

下三叠统发育有长兴碳酸盐岩台地边缘鲕粒滩，分布于长兴一带。由浅灰色、灰白色厚层—块状亮晶鲕豆粒灰岩、含鲕豆粒泥—粉晶石灰岩、非晶鲕粒灰岩等组成，白云岩化普遍，厚度180余米。

(2) 储集空间　海相区块的碳酸盐岩和砂岩储集层中，见有选择性组构的粒内孔、粒间孔、晶间孔、铸模孔、生物体腔孔、生物骨架孔、缝合线、藻纹层等原生储集空间和非选择性组构的裂隙、溶孔、溶洞、溶缝等次生储集空间。前者的发育受储集岩控制；后者的发育

不受储集岩控制，在储集岩和非储集岩中均有发育。根据储集岩内发育的储集空间类型及其组合，储集岩空间具有孔隙型、裂隙型、孔隙—裂隙型等三种类型，以孔隙—裂隙型为主。

海相区块储集岩的各类储集空间均见有碳沥青、油气苗，为油气储集的主要场所。

(3) 储集层物性　海相区块储集岩的原生储集空间，由于岩石结构、胶结、成岩作用等成岩条件的影响和后生改造的反复作用，其物性比较差。砂岩孔隙度 0.67～8.63%，渗透率 $\leqslant 0.05\times10^{-3}$～$4.25\times10^{-3}$ 二次方微米，石灰岩孔隙度 0.215～1.01%，渗透率 $\leqslant 0.05\times10^{-3}$～$0.212\times10^{-3}$ 二次方微米；均属低孔隙、低渗透储集层。次生储集空间则由于构造运动的强烈和反复作用而普遍发育，具有较好的储渗条件。浙西海相区块的 176 处碳沥青、油气苗、荧光显示中，均有次生储集空间的分布。余杭泰山西峰寺组（$Z_2x$）碳沥青矿点在金村附近的白云岩中，见有与方解石、萤石伴生的裂隙型碳沥青脉，裂隙最大宽度可达 2～3 厘米。康山碳沥青矿产于康山组（$S_2kn$）砂岩断裂裂隙中，Ⅰ号碳沥青脉延伸长度可达 1700 余米，最大宽度可达 21.8 米，矿区采出量已达 140.34 万吨以上，次生储集空间规模相当可观。煤深 1 井对井深 180～317.5 米栖霞组（$p_1q$）石灰岩裂隙晶洞荧光、油迹、原油显示段进行闭井分层射孔测试结果，获得日产 24.8 立方米和 8.2 立方米的淡水层各一层，次生储集空间具有较好的储渗条件。

*3. 盖层*

海相区块的西峰寺组一下二叠统（$Z_2x$–$T_1$）中，不渗透的泥质岩类和低孔隙、低渗透的泥质粉砂岩、泥质灰岩等岩类分布普遍，间互组合，均具备有不同程度的盖层条件。纵向上划分为荷塘组（$Є_1h$）、印渚埠组—胡乐组（$O_1y$–$O_2h$）、黄泥岗组—张村坞组／文昌组（$O_3h$–$Q_3z$／$O_3w$）、金陵组—高骊山组（$C_1j$–$C_1g$）、孤峰组／丁家山组（$p_1g$／$p_1d$）、龙潭组（$p_2l$）、殷坑组／政棠组（$T_1y$／$T_1z$）等 7 个盖层段（图 4–4–3）。

*4. 生储盖组合*

海相区块的 14 个生油单元、6 个储集层段、7 个盖层段在纵向上组成了西峰寺组—荷塘组（$Z_2x$—$Є_1h$）、荷塘组—胡乐组（$Є_1h$–$O_2h$）、宁国组—文昌组／张村坞组（$O_1n$–$O_3w$／$O_3z$）、船山组—丁家山组／孤峰组（$C_2ch$–$p_1d$／$p_1g$）、丁家山组／孤峰组—龙潭组（$p_1d$／$p_1g$–$p_2l$）、长兴组—殷坑组（$p_2ch$–$T_1y$）、下三叠统（$T_1$）等 7 个生储盖组合（图 4–4–4、表 4–4–11）。

(1) 组合厚度　海相区块 7 个生储盖组合的组合厚度较大，最小 37～143 米（$p_2ch$–$T_1y$），最大厚度为 418.6～4486.5 米（$Є_1h$–$O_2h$），多数由 95～1587 米（$Z_2x$–$Є_1h$）和 381.6～3659.3 米（$O_1h$–$O_3w$／$O_3^2$）。组合由碳酸盐岩和碎屑岩二大岩类组成，以碳酸盐岩为主。

以碳酸盐岩为主的组合，主要发育于浅海盆地—碳酸盐台地及其边缘相区带；以碎屑岩为主的组合，主要发育于滨岸碎屑岩台地相区带。西峰寺组—荷塘组、荷塘组—胡乐组、宁国组—文昌组／张村坞组等三个连续分布的组合，系由浅海盆地往碳酸盐岩台地及其边缘相区带延伸。由于暗色泥质岩的不断减少，碳酸盐岩的不断增加而使其生储盖组合发展成为以碳酸盐岩为主的生储组合的巨厚组合单元。

(2) 生储盖配套　海相区块的 7 个生储盖组合中除下三叠统组合缺乏连续盖层（后期剥蚀）外，余者组合的生储盖层均连续分布，有三种组合形式。即：生储合一组合，有西峰寺组—荷塘组、荷塘组—胡乐组、船山组—丁家山组／孤峰组、长兴组—殷坑组、下三叠统等 5 个组合，其生储层均有碳酸盐岩组成，除三叠系下统组合的连续盖层已被剥蚀殆尽外，余

者组合均有配套盖层；生储盖间互组合，为于家山组／孤峰组—龙潭组组合，其生盖层均为暗色泥质岩，储集层为砂岩，组合由频繁间互的泥砂岩组成；生储盖叠置组合，仅宁国组—文昌组／张村坞组组合，其生油层由暗色泥质岩组成，位于组合下部，储集层由石灰岩组成，位于组合中部，盖层由非暗色泥质岩与砂岩、粉砂岩间互组成，位于组合上部。

## 二、运聚条件

根据成油期与古今构造及沉积发生发展的配套关系，海相区块油气运聚的主要条件为加

| 盖层段 | 层位 | | 盖层剖面 | 岩性 | 沉积相 | 分布 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_1z$／$T_1y$ | $T_1z$ | $T_1y$ | | 粉砂质泥岩、钙质泥岩、泥岩 | 碳酸盐岩台地（$Ⅲ_a$） | 零星分布，主要分布于浙西区块北部长兴地区 |
| $P_2l$ | $P_2l$ | | Ae | 铝土质泥岩、粉砂质泥岩、煤层 | 滨岸碎屑岩台地—海陆过渡（$Ⅲ_b$＋Ⅳ） | |
| $P_1d$／$P_1g$ | $P_1d$ | $P_1g$ | | 钙质泥岩、泥岩 | 浅海盆地—碳酸盐岩台地（$Ⅰ_a$—$Ⅲ_a$） | |
| $C_1j$～$C_1g$ | $C_1y$ | $C_1g$ | | 含砂质泥岩、煤层 | | |
| | | $C_1j$ | | 黑色页岩 | | |
| | S | | | 黄绿色、灰黄色粉砂质泥岩 | 滨岸碎屑岩台地—海陆过渡（$Ⅲ_b$—Ⅳ） | |
| $O_3h$～$O_3w$／$O_3z$ | $O_3w$ | $O_3z$ | | 青灰色粉砂质泥岩 | 浅海盆地—滨岸碎屑岩台地（$Ⅰ_b$—$Ⅲ_b$） | 广泛分布 |
| | $O_3ch$ | $O_3y$ | | 深灰色、灰绿色、黄灰色粉砂质泥岩、泥岩 | | |
| | $O_3h$ | | | 黄绿色泥岩、紫红色钙质泥岩 | 浅海盆地（$Ⅰ_a$） | |
| $O_1y$～$O_2h$ | $O_2h$ | $O_2d$ | | 灰黑色碳质页岩 | | 局部分布，主要分布于浙西区块西部 |
| | $O_1ns$ | $O_1g$ | | 黑色页岩 | | |
| | $O_1n$ | $O_1x$ | | 黑色页岩 | | |
| | $O_2y$ | $O_1j$ | | 黄绿色、紫红色泥岩、钙质泥岩 | | |
| | | $O_1l$ | | | | |
| Є$_1$h | Є$_1$h | Є$_1$c | | 黑色碳硅质页岩 | | |

图 4-4-3 浙西北海相区块盖层段划分简图

| 地层名称 | | 岩性 | 厚度(m) | | 生储盖层 | | | 生储盖组合 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 生 | 储 | 盖 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 扁担山组($T_1b$) | | | >110.48 | | | | | | | | | | | |
| 和龙山组($T_1h$) | | | 126 | | | | | | | | | | | |
| 政棠组($T_1z$) | 殷坑组($T_1y$) | | 164~475 | 211.6 | | | | | | | | | | |
| 大隆组($P_2d$) | 长兴组($P_2ch$) | | 5~18 | 26~132 | | | | | | | | | | |
| 龙潭组($P_2c$) | | | 180~272 | | | | | | | | | | | |
| 丁家山组($P_1d$) | 孤峰组($P_1g$) | | 247~559 | 247~311 | | | | | | | | | | |
| 栖霞组($P_1g$) | | | 51~600 | | | | | | | | | | | |
| 船山组($C_2ch$) | | | 40~259 | | | | | | | | | | | |
| 黄龙组($C_2h$) | | | 28~200 | | | | | | | | | | | |
| 叶家塘组($C_1y$) | 高骊山组($C_1g$) | | 48~136 | 71.7 | | | | | | | | | | |
| | 金陵组($C_1j$) | | | 7.08 | | | | | | | | | | |
| 珠藏坞组($D_3z$) | 五通组($D_3w$) | | 68~195 | 142~182 | | | | | | | | | | |
| 西湖组($D_3x$) | | | 92~312 | | | | | | | | | | | |
| 唐家坞组($S_{2-3}t$) | 茅山组($S_{2-3}m$) | | 614.8~1252.1 | 1465~1732.2 | | | | | | | | | | |
| 康山群($S_2kn$) | | | 277~1755.6 | | | | | | | | | | | |
| 大白地组($S_1d$) | | | 203.7~1983.7 | | | | | | | | | | | |
| 安吉组($S_1a$) | | | 39~1505 | | | | | | | | | | | |
| 堰口组($S_1y$) | | | 13~181 | | | | | | | | | | | |
| 文昌组($O_3w$) | 张村坞组($O_2z$) | | 294~787 | 254 | | | | | | | | | | |
| 长坞组($O_3ch$) | 于潜组($O_3y$) | | 31~2184 | 574~1227.3 | | | | | | | | | | |
| 黄泥岗组($O_3h$) | | | 12~140 | | | | | | | | | | | |
| 砚瓦山组($O_2y$) | | | 25.6~46.3 | | | | | | | | | | | |
| 胡乐组($O_2h$) | 大田坝组($O_2d$) | | 6~105 | 5 | | | | | | | | | | |
| 牛上组($O_2ns$) | 牯牛沄组($O_2g$) | | 2~173 | 11 | | | | | | | | | | |
| 宁国组($O_1n$) | 闲林组($O_1x$) | | 11~224 | 48 | | | | | | | | | | |
| 印渚埠组($O_1y$) | 荆山组($O_1j$) | | 139~717 | 51 | | | | | | | | | | |
| | 留下组($O_1c$) | | | 278 | | | | | | | | | | |
| 西阳山组($\in_3x$) | 超峰组($\in_3ch$) | | 60~775 | >334 | | | | | | | | | | |
| 华严寺组($\in_3h$) | | | 80~283 | | | | | | | | | | | |
| 杨柳岗组($\in_2y$) | | | 98~669 | | | | | | | | | | | |
| 大陈岭组($\in_1d$) | 超山组($\in_1c$) | | 17.6~259.5 | 33 | | | | | | | | | | |
| 荷塘组($\in_1h$) | | | 5~781 | | | | | | | | | | | |
| 西峰寺组($Z_2x$) | | | 90~806 | | | | | | | | | | | |

图 4-4-4　浙西北海相区块生储盖组合划分简图

## 表 4-4-11 浙西北海相区块生储盖组合数据表

| 组合 | 分布 | 生储盖组合形式 | 油气演化组合带 | 组合厚度(m) | 相区带 | 生油层 | | | | | | | | | | 储集岩 | | | | | | 盖层 | | | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 层位 | 生油岩 | | 地化指标 | | | 有机质类型 | 成油期 | | | 层位 | 储集岩 | | | 岩石物性 | | 层位 | 岩类 | 厚度(m) | |
| | | | | | | | 岩类 | 厚度(m) | C% | A% | 烃含量ppm | | 开始 | 终止 | 现阶段 | | 岩类 | 厚度(m) | 滩礁数(个) | 孔隙度% | 渗透率 $10^{-3}\mu m^2$ | | | | |
| 西峰寺组($Z_2x$)～荷扩组($\epsilon_1h$) | 浙西区块内广泛分布 | 生储合一 | 碳沥青—甲烷气 | 95～1587 | 浅海盆地～碳酸盐岩台地及其边缘 | $Z_2x$ | 石灰岩夹泥质岩 | 182.6 | 0.27(灰) | 0.0051(灰) | | 腐泥型 | $O_1$早 | $S_2$早 | 碳沥青—甲烷气 | $Z_2x$ | 石灰岩夹砂岩 | 261.98 | 4 | 0.22～0.32(石灰岩) | ≤0.05(石灰岩) | $\epsilon_1h$ | 页岩 | 195.5(页岩)～781(组厚) | 碳沥青9处 |
| 荷塘组($\epsilon_1h$)～胡乐组($O_2h$) | | | | 418.6～4486.5 | | $\epsilon_1h$ $\epsilon_1d$ $\epsilon_2y$ $\epsilon_3n$ $\epsilon_3x$ | 石灰岩夹泥质岩 | 835.4 | 0.21～0.51(灰) 1.82(泥) | 0.0043～0.005(灰) 0.01(泥) | 53(泥) | | $O_2$中～$S_1$中 | $S_2$中～$S_3$早 | | $\epsilon_1d$ $\epsilon_2y$ $\epsilon_3n$ $\epsilon_3x$ | 石灰岩 | | | 0.455～1.01 | ≤0.05～0.06 | $O_1y$ $O_1n$ $O_1ns$ $O_2n$ | 泥页岩 | 158～1219(段厚) | 碳沥青50处 |
| 宁国组($O_1n$)～文昌组/张村坞组($O_3w/O_3z$) | 浙西区块内局部分布 | 生储盖叠置 | | 381.6～3659.3 | 浅海盆地 | $O_1n$ $O_1ns$ $O_2n$ | 泥质岩夹石灰岩 | 189.7($O_1n$ $O_2h$) | 0.54～0.87(泥) | 0.0055～0.007(泥) | 20～35(泥) | | $S_2$早 | $S_3$早～$D_{1-2}$早 | | $O_2y$ | 网瘤状灰岩 | 25.6～46.3(组厚) | 1 | 0.39 | ≤0.05 | $O_3h$ $O_3ch$/$O_3y$ $O_3w$/$O_3z$ | 泥岩、粉砂质泥岩 | 337～3111(段厚) | 碳沥青6处 |

| 组合 | 分布 | 生储盖组合形式 | 油气演化组合带 | 组合厚度(m) | 相区带 | 生油层 | | | | | | | | | | 储集岩 | | | | | | 盖层 | | | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 层位 | 生油岩 | | 地化指标 | | | 有机质类型 | 成油期 | | | 层位 | 储集岩 | | | 岩石物性 | | 层位 | 岩类 | 厚度(m) | |
| | | | | | | | 岩类 | 厚度(m) | C% | A% | 烃含量ppm | | 开始 | 终止 | 现阶段 | | 岩类 | 厚度(m) | 滩礁数(个) | 孔隙度% | 渗透率 $10^{-3}\mu m^2$ | | | | |
| 船山组($C_2ch$)~丁家山组 / 孤峰组($P_1d/P_1g$) | 浙西区块内零星分布 | 生储合一 | 凝析油湿气—原油 | 338~1170 | 碳酸盐岩台地 | $C_2ch$ $P_1q$ | 石灰岩 | 174.2 ($P_1q$) | 0.23~0.91 | 0.0037~0.0317 | 17~318 | 腐植~腐泥型 | $J_{1-2}$早 | $J_3$早 | 甲烷气~原油 | $C_2ch$ $P_1q$ | 石灰岩 | 91~859(段厚) | | 0.33~0.53 | ≤0.05~0.07 | $P_1d$/$P_1g$ | 泥岩 | 247 311(段厚) | 油苗萤光显示普遍 |
| 丁家山组 / 孤峰组($P_1d/P_1g$)~龙潭组($P_2l$) | | 生储盖间互 | | 427~583 | 碳酸盐岩台地(滨岸碎屑岩台地)~浅海盆地 | $P_1d$/$P_1g$ $P_2l$ | 泥质岩夹石灰岩 | 99.1 ($P_2l$) | 1.01~1.64(泥) | 0.0035~0.052(泥) | 191~317(泥) | 腐植—腐泥型—腐泥—腐植型 | $J_{1-2}$早~中 | $J_3$早~中 | 凝析油湿气~原油 | $P_1d$/$P_1g$ $P_2l$ | 砂岩 | 201.2 ($P_2l$) | 1 | 7.72~8.63 | 3.10~4.25 | $P_1d$/$P_1g$ $P_2l$ | 粉砂质泥岩、泥岩 | | 普见油苗和油流 |
| 长兴组($P_2ch$)~殷坑组($T_1y$) | | 生储合一 | | 37~143 | 碳酸盐岩台地及其边缘 | $P_2ch$ | 石灰岩 | 66.8 | 0.69 | 0.076 | 566 | 腐泥~腐植型 | $J_{1-2}$中 | $J_3$中 | 原油 | $P_2ch$ | 石灰岩 | 26~132(组厚) | 1 | 0.18~0.21 | ≤0.05 | $T_1y$底部 | 泥岩 | 11(段厚) | 普见油苗 |
| 三叠系下统($T_1$) | | | | 7437.08 | | $T_1$ | 石灰岩夹泥质岩 | | 0.095(灰) | 0.00446(灰) | | | | | | $T_1$ | 石灰岩 | | 1 | | | | | | |

里东期的古构造、滩礁和华力西—印支期的褶皱构造、滩丘及推覆构造、古潜山。

*1. 加里东期古构造和滩礁*

海相区块早古生代的西峰寺组（$Z_2x$）、荷塘组—西阳山组（$\epsilon_1h-\epsilon_3x$）、宁国组—胡乐组（$O_1n-O_2h$）等3个主要生油层段的成油期比较早，始于早奥陶世早期-中志留世早期（$O_1$早-$S_2$早），止于中志留世早期—晚志留世晚期（$S_2$早—$S_3$晚）。早奥陶世早期—晚志留世晚期（$O_1$早—$S_3$晚）为早古生代油气运聚的主要时期。奥陶纪早世—志留纪晚世及其末期的加里东运动，海相区块的陆壳主要表现为振荡降升活动，缺乏褶皱构造，故早古生代成油期间的油气运聚条件以古构造为主。

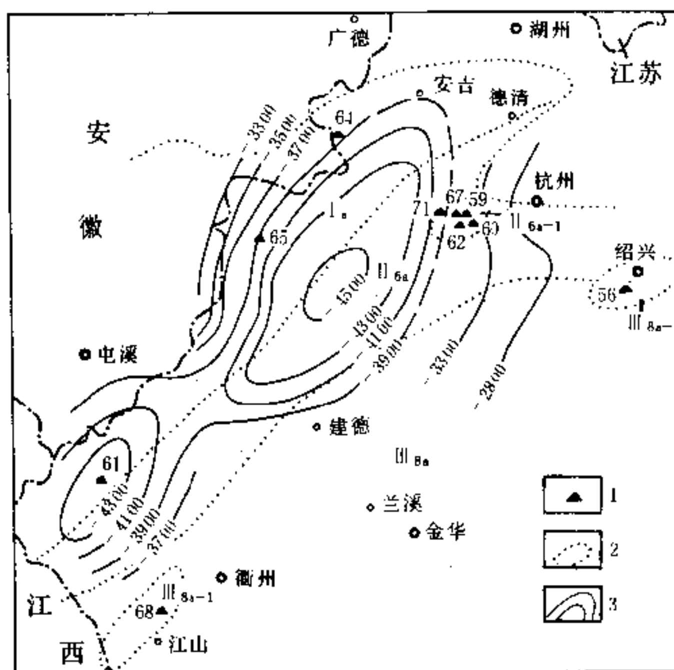



图 4-4-5　浙西北志留纪前西峰寺组底界古构造略图（$Z_2x$ 成油期）

1—碳沥青；2—$Z_2x$ 相带线；3—假定等高线（单位 m）；$I_a$—浅海盆地；$II_{6a}$—台地边缘浅滩；$II_{6a-1}$—滩内藻礁；$II_{8a}$—局限海台地；$III_{8a-1}$—台内藻滩

海相区块早古生代的成油期古构造为—北北东—北东—北东东向的古凹陷（图4-4-5、图4-4-6、图4-4-7、表4-4-12）。凹陷中心位于开化—安吉一线，称之为开化—安吉古凹陷。古凹陷呈短轴状，为中间低、四周高的圈闭凹陷。围绕古凹陷中心向其四周形成古斜坡，古坡度0°26′～7°15′。东南翼杭州—肖山一带见有1个古鼻隆，淳安北见有1个古平台。古凹陷位置比较稳定，古鼻隆位置则不稳定。

志留纪末期的加里东运动，在华南地槽区发生强烈褶皱、变质和岩浆热液活动的同时，扬子地台区则表现为区域隆升和拉张活动，形成江南张裂带。浙西、浙北2个海相区块位于扬子地台东南边缘，在加里东隆升运动的控制下，古凹陷南北两侧隆升剥蚀强烈，在泥盆系上统沉积前剥至震旦系—奥陶系，中部及东北部隆升剥蚀程度相对减弱，剥至志留系，古凹陷进一步发展。与此同时，古凹陷内发生拉张，形成一系列张性断裂和裂隙，成为江南张裂带的组成部分。

加里东的滩礁主要发育于西峰寺组（$Z_2x$）和长坞组（$O_3ch$）。分布有西峰寺组的余杭—淳安台地边缘浅滩，江山台内藻礁、绍兴台边藻礁、泰山滩内藻礁和长坞组的常山—玉山盆内砂屑滩等滩礁、分别位于古凹陷东南翼、东北端、西北翼等古斜坡之上。

加里东期开化—安吉成油期古凹陷的发生发展特征，有利于早古生代油气的运聚。油气由古凹陷中心向其四周运移，其东北端、西北翼、东南翼有较大的古坡度，更利于油气的运移，为油气近距运移的主要方向。由于成油期古凹陷在其发展过程中东部古凹子的南北摆动，使不同时期的古凹子、古斜坡位置互相叠置，故整个古凹陷均有利于油气的运移。古凹陷内不同成油期的古鼻隆、古鼻凹、古平台、古断裂、古裂隙和滩礁，为油气聚集的主要场

**表 4-4-12　浙西北海相区块**

| 生油层段 | 制图标准层 | 成油期 | 古构造 | 古凹陷方向 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| $Z_2x$ | $Z_2x$ 底界 | $O_2$ 前（成油期） | 为古凹陷，由 2 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的一个古鼻凹，一个古鼻隆组成 | 31°～40° |
| | | S 前（成油期） | | 30°～72°～31°～49° |
| | | $S_{2-3}$ 前（过熟期） | 为古凹陷，由 2 个古凹子及其古斜坡组成 | 37°～46° |
| | | $D_3$ 前（过熟期） | 为古凹陷，由 1 个古凹子及其古斜坡组成 | 32°～46° |
| Є$_1$h—Є$_1$d | Є$_1$ 底界 | S 前（成油期） | 为古凹陷，由 2 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的 1 个古鼻凹、1 个古鼻隆组成 | 40°～60°～30° |
| | | $S_{2-3}$ 前（成油期） | 为古凹陷，由 1 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的 1 个古鼻凹、1 个古鼻隆组成 | 43°～50°～65° |
| | | $D_3$ 前（过熟期） | 为古凹陷，由 1 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的 1 个古鼻凹组成 | 44°～30°～50° |
| Є$_2$y | Є$_2$ 底界 | S 前（成油期） | 为古凹陷，由 1 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的 1 个古鼻凹，1 个古鼻隆组成 | 44° |
| | | $S_{2-3}$ 前（成油期） | 为古凹陷，由 2 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的 1 个古鼻凹，1 个古鼻隆组成 | 40°～23°～51°～59° |
| | | $D_3$ 前（过熟期） | 为古凹陷，由 1 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的 1 个古鼻凹组成 | 44°～27°～45° |
| Є$_3$h—Є$_3$x | Є$_3$ 底界 | $S_{2-3}$ 前（成油期） | 为古凹陷，由 2 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的 1 个古鼻凹组成 | 36°～28°～53° |
| | | $D_3$ 前（成油期） | 为古凹陷，由 1 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的 1 个古鼻凹组成 | 32°～42° |
| $O_1n$ | $O_1$ 底界 | $S_{2-3}$ 前（成油期） | 为古凹陷，由 2 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的 1 个古平台，1 个古鼻凹组成 | 20°～47°～68° |
| | | $D_3$ 前（成油期） | 为古凹陷，由 1 个古凹子及其古斜坡和东南古斜坡上的 1 个古平台组成 | 24°～38° |
| $O_2ns$—$O_2h$ | $O_2$ 底界 | $S_{2-3}$ 前（成油期） | 为古凹陷，由 1 个古凹子及其古斜坡组成 | 55°～30°～35°～62° |
| | | $D_3$ 前（成油期） | 为古凹陷，由 1 个古凹子及其古斜坡组成 | 43°～22°～40° |

成油期古构造略表

| 古坳凹 | 古鼻凹 | 古鼻隆 | 古平台 | 古坡度 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 两端 | | 两翼 | |
| | | | | 西南端 | 东北端 | 西北翼 | 东南翼 |
| 安吉西南：低于−2600m<br>开化北：低于−2300m | 肖山西：<br>−1400～<br>−1300m | 肖山西<br>−1400～<br>−1300m | | 0°33′ | | 1°27′ | 1°8′ |
| 昌化桐庐间：低于−4500m<br>开化北：低于−4300m | 肖山西：<br>−3300～<br>−2800m | 杭州：<br>−3300～<br>−2800m | | 0°31′ | 0°33′ | 1°30′ | 1°31′ |
| 安吉西南：低于−8000m<br>开化北：低于−5500m | | | | 3°48′～<br>0°44′ | 3°9′ | 5°42′ | 3°31′ |
| 安吉西南：低于−9500m | | | | 2°6′～<br>0°38′ | 3° | 5°33′ | 4°4′ |
| 昌化桐庐间：低于−4000m<br>开化北：低于−4500m | 杭州西：<br>−3500～<br>−2000m | 杭州：<br>−3500～<br>−2000m | | | 1°19′ | 2°17′－<br>1°45′ | 2°42′～<br>2°30′ |
| 安吉西南：低于−7000m | 杭州西：<br>−5000～<br>−3000m | 杭州：<br>−5000～<br>−4000m | | 3°9′～<br>0°29′ | 3°28′ | 4°8′ | 4° |
| 安吉西南：低于−8000m | 肖山西<br>−4000～<br>−3000m | | | 2°16′～<br>0°37′ | 4°9′ | 3°9′ | 3°55′ |
| 开化北：低于−4000m | 肖山：<br>−3500～<br>−2000m | 杭州：<br>−3500～<br>−2000m | | 1°8′ | 1°12′ | 2°6′ | 2°8′ |
| 安吉西南低于−7000m<br>开化北：低于−5000m | 肖山：<br>−5000～<br>−3000m | 杭州：<br>−5000～<br>−3000m | | | 3°52′ | 6°8′ | 3°45′～<br>1°25′ |
| 安吉西南：低于−8000m | 杭州肖山间：<br>−7000～<br>−3000m | | | 1°44′～<br>0°33′ | 4°19′ | 7°15′ | 3°38′ |
| 安吉西：低于−7000m<br>开化北：低于−4500m | 杭州肖山间：<br>−3000～<br>−2000m | | | 2°25′～<br>0°27′ | 2°51′ | 5° | 3°38′ |
| 安吉西南：低于−8000m | 肖山西：<br>−4000～<br>−3000m | | | 3°19′～<br>0°49′ | 3°4′ | 5°9′ | 4° |
| 安吉西南：低于−6100m<br>开化东北：低于−4800m | 肖山：<br>−3500～<br>−1500m | | 淳安北：<br>−4500～<br>−4900m | 1°57′ | 3°8′ | 5°22′ | 3°8′ |
| 安吉西南：低于−7700m | | | 淳安北：<br>−5500m | 3°12′～<br>0°26′－<br>1°8′ | 3°49′ | 6°39′ | 3°40′ |
| 安吉西南：低于−5900m | | | | 2°17′ | 3°52′ | 4°26′ | 2°51′ |
| 安吉西南：低于−7500m | | | | 2°37′～<br>0°40′ | 4°7′ | 5°42′ | 4°10′ |

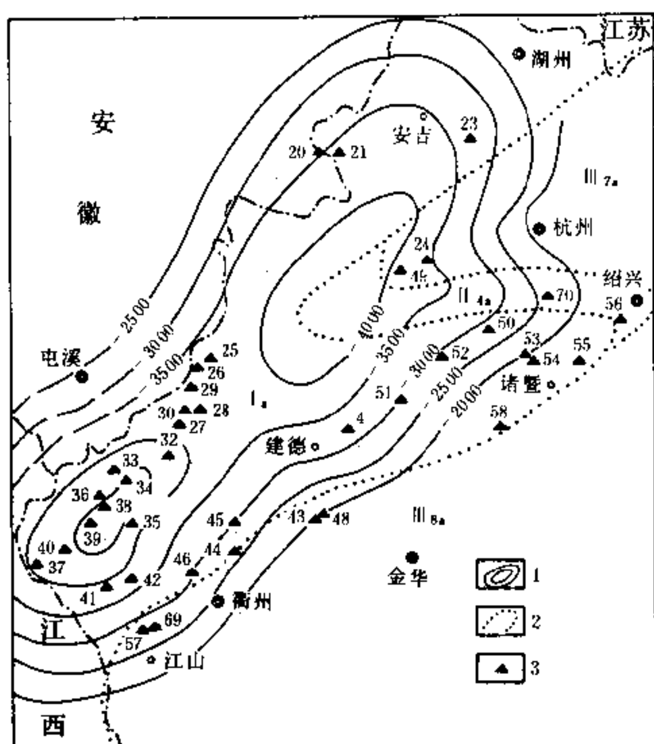


图 4-4-6　浙西北志留纪前寒武系底界古构造略图（$Є_1$ 成油期）

1—假定等高线（单位 m）；2—$Є_1$ 相带线；3—碳沥青；Ⅰ$_a$—浅海盆地；Ⅱ$_{4a}$—台地边缘斜坡；Ⅲ$_{7a}$—开阔海台地；Ⅲ$_{8a}$—局限海台地

所。如康山脉状古油藏（$S_2kn$ 碳沥青矿）位于古凹东北端，产于张性古断裂带上。加里东期的古构造和滩礁，为早古生代油气运聚的主要条件，即加里东期古油藏形成的主要条件，为早古生代油气勘探的主要方向。

*2. 华力西—印支期的褶皱构造和滩丘*

海相区块内晚古生代（含早三叠世）的船山组—栖霞组、丁家山组／孤峰组、长兴组、下三叠统等 4 个主要生油层段的成油期比较晚，始于早中侏罗世（$J_{1-2}$），止于晚侏罗世（$J_3$），早中侏罗世—晚侏罗世为晚古生代油气运聚的主要时期。中三叠世（$T_2$）末期，区内发生了强烈的印支褶皱运动，在海相区块内形成了印支褶皱构造，为晚古生代油气的运聚准备了构造条件。

海相区块内的印支褶皱构造十分发育，成排成带分布，组成层位为震旦系—中三叠统。浙西区块内分布有鲁村—麻车埠复向斜带、龙源头—印渚埠复背斜带等 7 个复背斜、向斜褶皱带，其上多级次的背向斜褶皱构造发育，经普查有 60 个主要背斜构造（表 4-4-13）。

海相区块内的印支褶皱构造业经印支—喜山期（$T_3$—N）大陆边缘活动阶段的改造和破坏，构造条件比较复杂。

①背斜核部志留系（S）以下层位均已被剥露。其中：剥露震旦系—寒武系（Z—Є）高背斜 33 个，占 55%；奥陶系（O）中背斜 20 个，占 33.3%；志留系（S）低背斜 7 个，占 11.7%。

②背斜面积根据 57 个背斜构造统计，最大的为三江口—狮象高背斜，144 平方公里；最小的为东辉中背斜，圈闭面积不足 1 平方公里。多数面积为 1.1～39.5 平方公里。其中：100～144 平方公里 5 个，占 8.7%，56～90 平方公里 3 个，占 5.3%；10～39.5 平方公里 22 个，占 38.6%。

③背斜两翼倾角根据 49 个背斜构造统计，最大的蟠山龙中背斜，西北翼 55°～70°，东南翼 60°～84°；最小的为外达岭高背斜，西北翼 26°～28°，东南翼 23°～28°；多数背斜由 30°～80°。

④根据 60 个背斜构造统计，27 个见有侵入岩体，占 45%。岩体主要由燕山早期的酸性、中酸性岩组成，普遍见有硅化、绿泥石化、黄铁矿化、角岩化、大理岩化、矽卡岩化等

围岩蚀变现象。

⑤根据60个背斜构造统计，53个见有断层，占88.3%。断层主要由纵向、横向、斜交等不同方向的逆断层、正断层组成；数量由1条到数条不等，多者可达10多条。平面上不同方向的断裂组成断裂网络。淳安县富文地区 $T_4$（€顶面）地震反射层所作构造图上，在约为100平方公里的制图范围内发育有3组10条断裂，将其切割成18个断块（图4-4-8）。

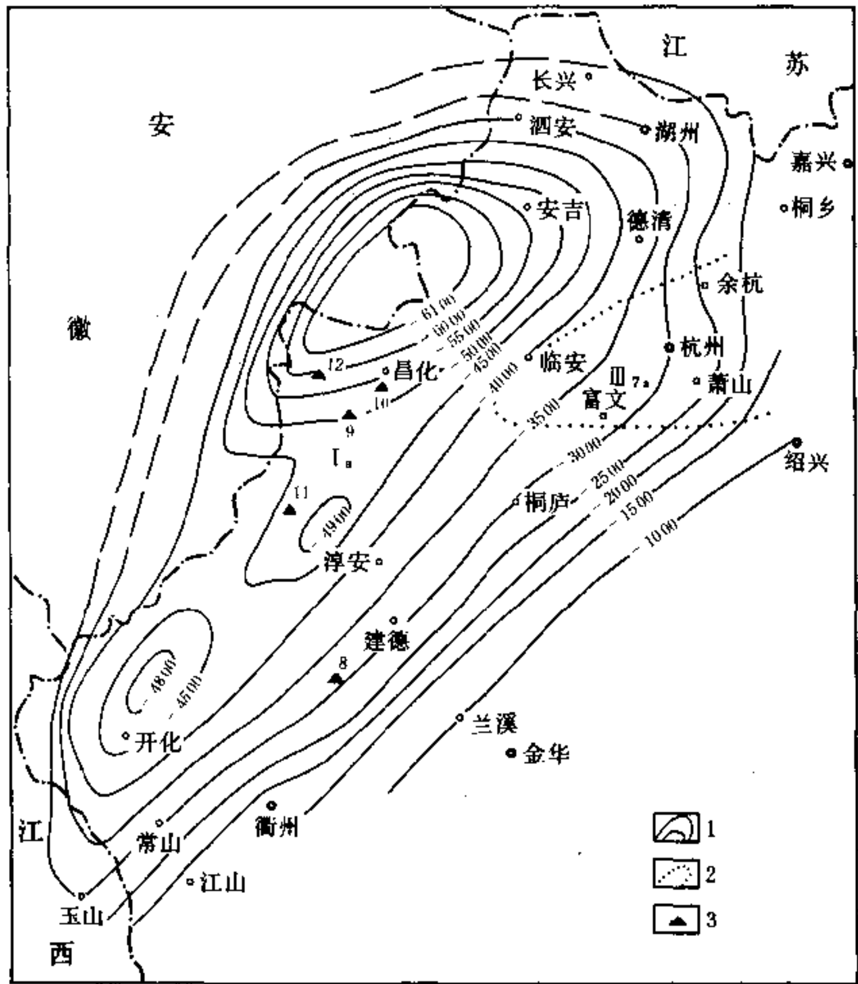



图4-4-7 浙西北志留纪中晚世前奥陶系底界古构造略图（$O_1$成油期）

1—假定等高线（单位m）；2—$O_1$相带线；3—$O_1$碳沥青；Ⅰ$_a$—浅海盆地；Ⅲ$_{7a}$—开阔海台地

华力西—印支期的丘滩，有发育于丁家山组（$P_1d$）桐庐冷坞碳酸盐岩盆内生物丘，长兴组（$P_2ch$）湖州碳酸盐岩台地边缘浅滩，下三叠系（$T_1$）长兴碳酸盐岩台地边缘鲕粒滩，均残存分布于印支褶皱的向斜构造内。由于印支运动后，区块内大部地区的晚古生代—中三叠世沉积已被剥蚀，仅在向斜地区零星残存，故在大部地区已失去晚古生界—下三叠统油气运聚的实际意义，在丘滩残存的向斜地区可能存在运聚的局部意义。

*3. 推覆构造*

海相区块内发育有各个时期、不同性质的断裂及其断裂带。就断层而言，多数属逆冲断

表 4-4-13 浙西北海相区块局部构造数据表

| 图内编号 | 名　称 | 轴向 | 核部出露最老层位 | 面积 ($km^2$) | 两翼倾角 | | 断层 | 岩体 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 北西 | 南东 | | |
| 1 | 五通山低鼻状背斜 | 50°～90° | $S_3tn$ | ＞16 | 约 20° | | 逆掩 | 酸性岩脉 |
| 2 | 水口低背斜 | NWW | $S_2kn$ | 130 | 45°～50° | 27°～48° | 正、逆 | $80km^2$ (隐伏) |
| 3 | 赤山低背斜 | 40° | $S_1a$ | 140 | 30°～40° | | 正、逆 | 花岗岩、花岗闪长岩 |
| 4 | 郎村高鼻状背斜 | 40° | $Z_1zh$ | 5.1 | 42°～48° | 20°～30° | 逆 | 花岗闪长石 |
| 5 | 方山高背斜 | 30° | $Z_1zh$ | 3.4 | 18°～30° | 32°～58° | 三条 NE 向 | 隐伏 |
| 6 | 秧畈弄中背斜 | 35° | $O_1n$ | 3 | 29°～50° | 53°± | 纵向压性 横向张性 | $\lambda\pi$、$P\pi$ 岩脉 |
| 7 | 宋家中背斜 | 63° | $O_1y$ | 约 4 | 24°～42° | 35°～51° | 逆 | |
| 8 | 松塘坞中背斜 | NEE | $O_1y$ | 18 | 30°～45° | 20°～30° | 逆、正 | |
| 9 | 石龙山高背斜 | 50° | $\in_{2-3}$ | 100± | 47°～56° | 10°± | 压性 | BM、$\lambda\pi$ $\delta_o$ |
| 10 | 河桥—湍口高背斜 | 40°± | $\in$ | 107 | | | 逆 | 花岗石、花岗闪长岩、石英闪长岩 |
| 11 | 石川高背斜 | 25° | $\in_1h$ | 0.8 | | | | |
| 12 | 葛家高背斜 | 15°～35° | $\in_1h$ | 9 | 陡 | 缓 | 压性 | |
| 13 | 伊家坞高背斜 | 55°～65° | $Z_1l$ | 14 | 61°～80° | 35°+ | 逆、正 | |
| 14 | 郭村高背斜 | 50°～55° | $\in_1h$ | 1.5 | | | | |
| 15 | 琉川口高背斜 | 50° | $\in_1h$ | 0.7 | | | | 花岗斑岩脉 |
| 16 | 高步头高背斜 | 45°～60° | $\in_1h$ | 2 | | | | |
| 17 | 笔架山高背斜 | 45° | $\in_1h$ | 1.5 | | | | |
| 18 | 石汪庙高背斜 | 40° | $\in_1h$ | 0.6 | | | | |
| 19 | 内曹家高背斜 | 40° | $\in_1h$ | 1.2 | | | | |
| 20 | 下唐家高背斜 | 50° | $\in_1h$ | 1.1 | | | 一条 NE 向 | |
| 21 | 芳括村高背斜 | 50° | $\in_1h$ | 0.8 | | | 一条 NE 向 | |
| 22 | 骆家岭高背斜 | 45° | $Z_2x$ | 8.5 | 21°～45° | 55°± | 逆、正 | |
| 23 | 塘坞里高背斜 | 50°～55° | $Z_1l$ | $Z_1l$ 圈闭 1.1 | 45°± | 50°± | 逆、正 | |
| 24 | 赤水坞高鼻状背斜 | 45°± | $Z_1zh$ | | | | 逆 | 石英正长岩脉 |
| 25 | 印渚埠高背斜 | 40° | $\in_2y$ | 8.75 | 陡 | 缓 | 逆、正 | $\lambda\pi$ 岩脉 |
| 26 | 东辉中背斜 | 45°± | $O_1y$ | 圈闭面积 0.06 | 45°～70° | 30°～60° | 逆、正 | 岩脉 |
| 27 | 屋家山高背斜 | 55° | $Z_1l$ | 圈闭面积 4 | 50° | 不清 | 正、逆 | |
| 28 | 太平尖—东坑头高背斜 | 30°～45° | $Z_1zh$ | | 45°～65° | 30°～50° | 逆、正 | 岩体侵入 |
| 29 | 扬家庙中鼻状背斜 | 40° | $O_3ch$ | 12 | 13°～15° | 33°～75° | 正 | $r\delta$ 与石英斑岩等 |
| 30 | 白村—外陈高背斜 | 45°～70° | $Z_2x$ | 2.4 | 30°-55° | 35°～65° | 逆、正 | |

续表

| 图内编号 | 名　　称 | 轴向 | 核部出露最老层位 | 面积 ($km^2$) | 两翼倾角 | | 断层 | 岩体 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 北西 | 南东 | | |
| 31 | 分水高鼻状背斜 | 30°～45° | $€_3$ | $O_3ch$ 圈闭 39.5 | 65°～80° | 30°～60° | 逆、正 | |
| 32 | 徐家店中背斜 | 45°～60° | $O_3ch$ | $S_1d$ 7.5 | 40°～60° | >60° | 逆、正 | |
| 33 | 富文中背斜 | 40°～45° | $O_3ch$ | 21 | 40°～50° | 50°～60° | 逆、正 | |
| 34 | 上洪中背斜 | 40° | $O_3ch$ | 21 | 一般 20°～40° | | 逆、正 | |
| 35 | 富德村—里商家中背斜 | 60° | $O_3ch$ | 26 | 50°～55° | 45°～60° | 逆 | 花岗岩 |
| 36 | 银山尖中背斜 | 60° | $O_1y$ | 34 | 45°± | | 正、逆 | 花岗岩 |
| 37 | 翠坪尖高背斜 | 45°～50° | $Z_1zh$ | $Z_1l_1$ 圈闭 13 | 20°～50° | 50°～80° | 逆、正 | 隐伏 |
| 38 | 南华山高背斜 | NE | $Z_1zh$ | 浙江 86 | 35°～45° | 60°～70° | 逆、正 | 有岩体 |
| 39 | 蟠蜒中背斜 | 40° | $O_3ch$ | 90 | 55°～75° | 60°～84° | 正、逆 | 花岗岩 |
| 40 | 施家低鼻状背斜 | 45° | $S_1d$ | $S_2K_n$ 圈闭 25 | 40°～68° | 24°～54° | 正 | |
| 41 | 谢田中背斜 | 45°～50° | $O_3ch$ | 24 | 30°～45° | 10°～30° | 逆、正 | 隐伏 |
| 42 | 钱家中鼻状背斜 | 40°～50° | $O_3w$ | $S_2K_n$ 圈闭 10 | 35°～50° | 40°～60° | 正 | |
| 43 | 罗村中背斜 | 40°± | $O_3ch$ | $O_3w$ 圈闭 10 | 30°～45° | 50°～70° | 逆 | |
| 44 | 眼后坼—南湾里中背斜 | 40°～65° | $O_3w$ | $O_3w$ 圈闭 1.2 | 25°～28° | 26°～28° | 逆 | 隐伏 |
| 45 | 仇家中背斜 | 65° | $O_3w$ | $S_1d$ 圈闭 6 | 30°～47° | 38°～65° | 正、逆 | |
| 46 | 方家中背斜 | 35°～40° | $O_3ch$ | 17 | >60° | 40°～60° | 逆、正 | |
| 47 | 安仁高鼻状背斜 | 50°～55° | $€_3x$ | 7 | 35°± | 50°± | 逆、正 | |
| 48 | 九龙源—大黄连低背斜 | 45°～50° | $S_1d$ | $S_1d$ 圈闭 13.2 | 30°～40° | 50°～60° | 逆、正 | 隐伏 |
| 49 | 安坑高背斜 | NE | $€_2y$ | $€_3$ 圈闭 12 | <35°± | <42°± | 逆、正 | 二长花岗岩 |
| 50 | 雷石山中鼻状背斜 | 65° | $O_3w$ | $S_1$ 圈闭 10 | <40° | <50° | 逆 | 花岗斑岩 |
| 51 | 溪口中背斜 | 45° | $O_1y$ | 20 | 35° | 40°～60° | 逆、正 | |
| 52 | 石坑—方田高背斜 | 50° | $€_3y$ | 20 | 47° | <50° | 逆 | 隐伏 |
| 53 | 朱家埠低背斜 | 40° | $S_1a$ | 20 | 60°± | 30°～40° | 正、逆 | |
| 54 | 上龙寺低背斜 | 50° | $C_1$ | $C_1$ 圈闭 5 | 47° | 60° | 逆 | 隐伏 |
| 55 | 早田坼中鼻状背斜 | 60° | $O_1y$ | $S_1Kn$ 圈闭 56 | 40°～50° | 60°～70° | 逆 | 花岗斑岩 |
| 56 | 三江口—狮象高背斜 | 30°～60° | $Z_1zh$ | 144 | 60°～70° | | 逆冲 | |
| 57 | 砚山高背斜 | 50°～65° | $Z_1zh$ | | 65°～80° | 65°± | 逆、正 | |
| 58 | 常山—白云寺山尖高背斜 | 40°～50° | $Z_1zh$ | 36 | 40°～80° | 42°～52° | 逆、正 | |
| 59 | 外达岭高背斜 | 45°± | $Z_1l$ | 2.5 | 26°～28° | 23°～28° | 一条 SN 向断层 | |
| 60 | 上仓高鼻状背斜 | NE | $Z_1zh$ | 5.5 | 37°～40° | 50°～88° | 逆冲、正 | |

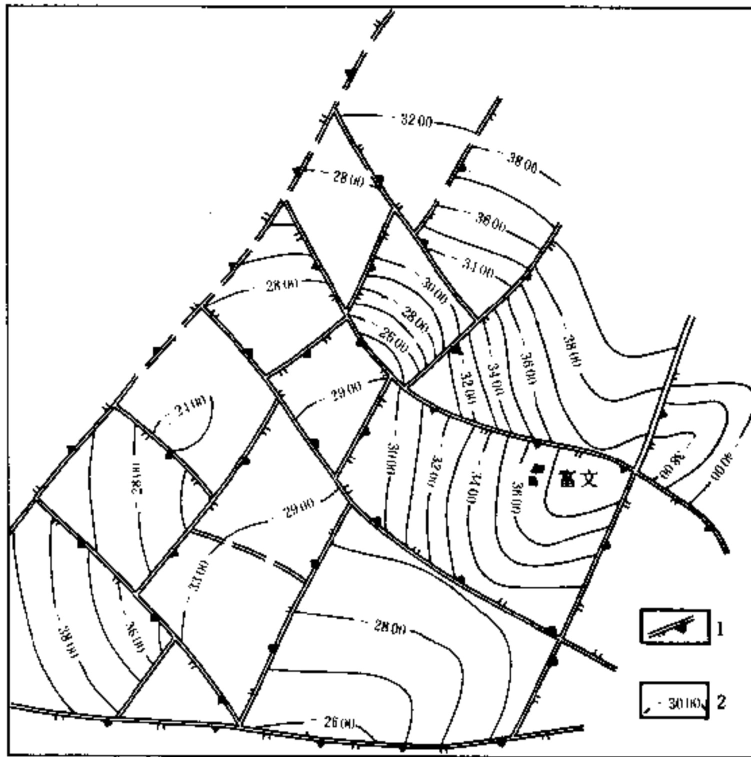



图 4–4–8　富文地区地震反射 $T_4$ 层（Є顶面）构造图

1—正断层；2—Є顶面等高线

层，倾角 40°～80°，形成逆冲构造及逆冲构造带，但推覆距离不大。仅在区块北部长兴—湖州一带和南部金衢盆地见有推覆构造，可能存在泗安—嘉善和绍兴—江山等二个推覆构造带（图 4–4–9）。

（1）泗安—嘉善推覆构造带　分布于泗安—嘉善大断裂带。大断裂带呈东西向展布，长约 100 公里，为倾向向北的逆断层，形成并活动于印支—喜山期。断裂带中段长兴—湖州一带自东而西分布有仁王山—吕山、白鹤岭—黄芝山、云峰顶、青砚岭—仰峰岕等，4 个推覆构造。其推覆面由断裂面组成，倾向向北，倾角 20°～40°，有的呈犁式状。志留系、石炭系、二叠系地层推覆于二叠系、三叠系地层之上。具有自北而南多层逆掩推覆的特点，其内又被正断层所复杂化。推覆面上盘构造比较简单，下盘构造比较复杂，形成有背斜、断层遮挡等圈闭。

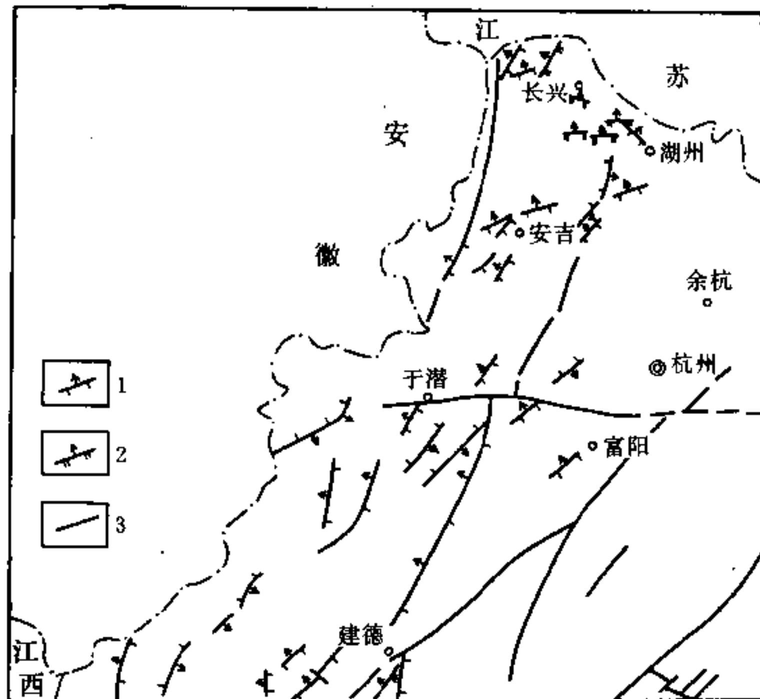



图 4–4–9　浙西北区块断裂分布略图

1—逆冲断层；2—逆掩断层；3—断层

仁王山—吕山推覆构造为一背斜构造，两翼均有推覆，形成双层结构的不对称推覆构造。北翼推覆面为 $F_0$ 逆掩断层面，茅山组（$S_3m$）砂岩推覆于二叠系—下三叠统（P—$T_1$）之上，推覆距离约 3 公里左右。南翼推覆面为 $F_6$ 逆掩一逆冲断层面，二叠系（P）推覆于下三叠统（$T_1$）之上，$F_6$ 断

面呈犁式状。逆掩断层倾角一般为25°，最大可达45°～50°，最小为10°左右。推覆体下盘又为$F_{16}$、$F_7$、$F_{25}$、$F_3$等正断层所复杂化，将背斜切成断块（图4-4-10）。

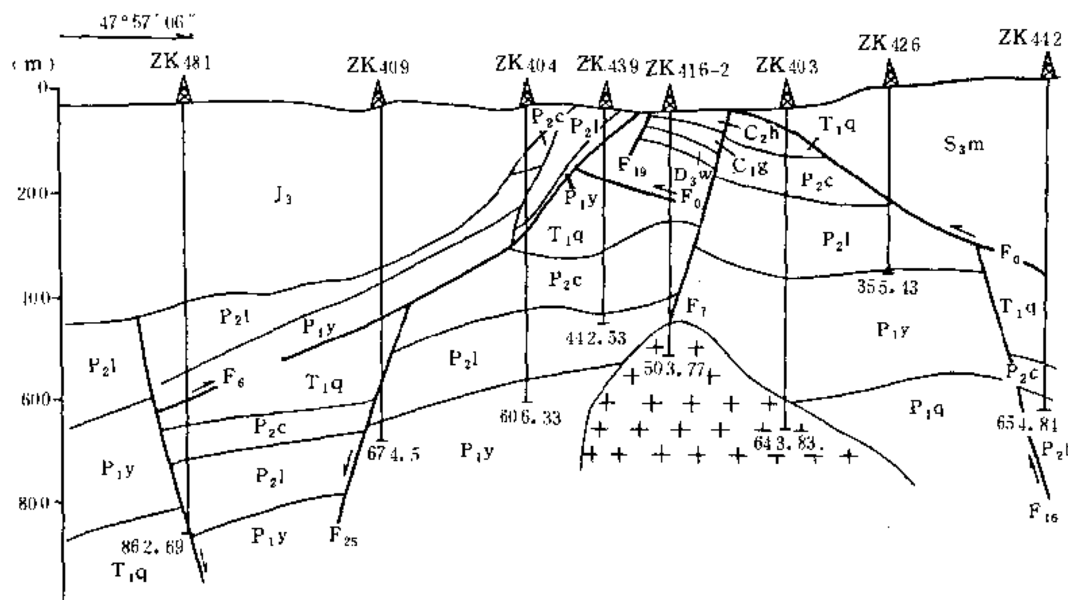



图4-4-10 仁玉山—吕山推覆构造杨家埠矿区$P_7$线剖面图

(2) 绍兴—江山推覆构造带　分布于绍兴—江山深断裂带。断裂带呈北东向展布，长度300公里以上，形成并活动于晋宁期、加里东期、印支—喜山期。断裂带上见有华南型陈蔡群变质岩和上侏罗统火山岩自东南往西北逆冲到江南型的古生界和三叠系海相沉积层之上，钻孔揭示其甚至可逆冲到白垩系红层之上。在其西面尚有一系列逆冲断裂与其组成的叠瓦状逆冲断裂岩片。可能为印支晚期开始逐步复活，多期活动、多期推覆、晚期滑覆的推覆构造带。

*4.* 古潜山

由于海相区块的印支褶皱自印支运动后以差异块断降升剥蚀为主，形成了由海相地层组成的众多的地形山和构造山。由于长期的淋滤作用，其上岩溶空间发育，特别是碳酸盐岩地层。这些地形山和构造山在不同时期断陷下沉，并为不同时期的断陷陆盆所覆盖而形成古潜山，若为陆盆生油层所覆盖，则可能形成古潜山油气藏。其在陆相盆地内分布极为普遍，特别是江山—绍兴断陷盆地带内。金衢盆地罗埠—下方横剖面上，盆地中部和北翼分布有罗埠（C-P）和湖各头—下方（D-C）等2个古潜山，高度分别为400米和2000米，有可能通过断层与白垩系兰溪组（$K_2l$）生油岩横向沟通，形成古潜山油气藏（图4-4-11）。

**三、保存条件**

保存条件包括盖层和构造对油气的封闭条件。构造封闭条件已在上述“运聚条件”文中阐述，这里所指保存条件为盖层条件。

盖层是油气藏保存的主要条件，不仅需要生储盖组合配套中的直接盖层，而且特别需要的是区域盖层，对气藏来说区域盖层显得尤为重要。

海相区块内分布的荷塘组（$\epsilon_1h$）、印渚埠—胡乐组（$O_1y-O_2h$）等6套盖层段对不同生储盖组合起配套盖层和区域盖层的作用，具有不同的保存条件（表4-4-14）。其中：西

峰寺组—荷塘组组合具备良好的保存条件；荷塘组—胡乐组组合具备较好的保存条件；宁国组—文昌组／张村坞组组合具备一般保存条件；船山组—丁家山组／孤峰组、孤峰组／丁家山组—龙潭组、长兴组—殷坑组等三个组合具备局部保存条件；下三叠系组合缺乏保存条件。

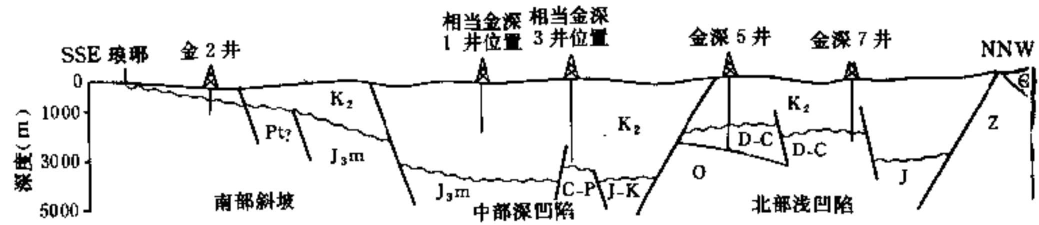



图 4-4-11　金衢盆地罗埠—下方构造横剖面图

表 4-4-14　浙西北海相区块盖层条件略表

| | 层　位 | $Є_1h$ | $O_1y-O_2h$ | $O_3ch-O_3w$／$O_3z$ | $C_1j-C_1g$ | $P_1d$／$P_1g-p_2l$ | $T_1y$底 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 盖层和保护层 | 厚度(m) | 5～781 | 150～1219 | 297～311 | 78.78 | 427～583 | 11 |
| | 岩　性 | 页岩夹泥质灰岩 | 泥页岩夹泥灰岩、石灰岩、白云岩 | 泥岩与粉细砂岩互层 | 泥页岩夹砂岩互层 | 泥岩、煤层与粉细砂岩互层 | 泥岩夹薄层白云化灰岩 |
| | 现存分布 | 广泛分布 | 分布较广泛 | 分布较广泛 | 零星分布 | 零星分布 | 零星分布 |
| 生储盖组合 | 西峰寺组—荷塘组 ($Z_2x—Є_1h$) | 盖层 | 区域盖层 | 区域盖层 | 零星区域盖层 | 零星区域盖层 | 零星区域盖层 |
| | 荷塘组—胡乐组 ($Є_1h—O_2h$) | | 盖层 | 区域盖层 | 零星区域盖层 | 零星区域盖层 | 零星区域盖层 |
| | 宁国组—文昌组／张村坞组 ($O_1n—O_3w$／$O_3z$) | | | 盖层 | 零星区域盖层 | 零星区域盖层 | 零星区域盖层 |
| | 船山组—丁家山组／孤峰组 ($C_2ch—P_1d$／$p_1g$) | | | | | 盖层 | 零星区域盖层 |
| | 丁家山组／孤峰组-龙潭组 ($P_1d$／$P_1g—P_2l$) | | | | | 生储盖层 | 零星区域盖层 |
| | 长兴组—殷坑组 ($P_2ch—T_1y$) | | | | | | 盖层 |
| | 下三叠统($T_1$) | 无　盖　层 | | | | | |

## 第二节　陆相沉积盆地

由中生代—新生代（$T_3$–Cz）残存陆相沉积岩组成，为不同时期盆地叠加组合的残存盆地。根据统计，区内共有陆相盆地 622 个，单盆面积为<1～3500 平方公里，总面积约为 41528 平方公里。其中面积大于 200 平方公里的 44 个，总面积约为 29944 平方公里，分别占区内盆地总数及其总面积的 7.5%和 72.1%，为区内分布的主要盆地。经对 21 个盆地的钻探，只在少数盆地中见有油气显示，个别探井捞获有少量原油，但均未获得工业油气流。

从资料分析，部分盆地具备一定的油气勘探远景。

## 一、生储盖组合条件

*1. 生油层*

浙闽陆相盆地具备一般的生油条件，分布有6个生油层（表4-4-15）。

(1) 生油层分布　陆相盆地的6个生油层分别形成于燕山早期（$J_3$）、燕山晚期（K）、喜山期（E-N）等3个断坳陷成盆期。由于盆地活动性大、多快速沉积和火山岩，成盆期短、发育阶段性差，故生油层的分布缺乏区域上的稳定性。6个生油层中，除寿昌组／坂头组（$J_3s$／$J_3b$）分布较广外，余者均局部分布。

**表4-4-15　浙闽陆相盆地生油单元数据表**

| 生油单元 | 分布地区 | 生油岩岩性 | 厚度(m) | 地化指标 | | | 有机质类型 | 现阶段成熟度 | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 平均有机碳(%) | 平均氯仿沥青"A"(%) | 平均烃含量(ppm) | | | |
| 寿昌组($J_3s$) | 浙西北和浙中中西部诸盆地 | 暗色泥岩 | 20.7～1119 | 0.22～0.64 | 0.081 | | 腐泥型(主)、腐植-腐泥型 | 成熟<br>\|<br>高成熟 | 显示井7口；地面油气苗6处（寿昌、平山、浦江） |
| 坂头组($J_3b$) | 福建全境诸盆地 | 灰黑色、黑色泥岩，粉砂质泥岩 | 100～749 | 0.15～1.06 | 0.002～0.033(B) | | | | 显示井16口；地面油苗1处，举1、7、9井显示较好。(举岚) |
| 馆头组($K_1g$) | 浙中诸盆地 | 暗色泥岩夹泥灰岩油页岩 | 1.4～280.1 | 0.18～1.50 | 0.005～0.022 | | 腐植型(主)、腐泥-腐植型 | 高成熟<br>\|<br>过成熟 | 显示井31口；地面油气苗11处（水康） |
| 方岩组($K_1f$) | 宁波盆地 | 黑色泥岩，含膏泥岩夹泥质白云岩 | 9.5～251.9 | 0.61 | 0.0218 | 306 | 腐植型(主)、腐植-腐泥型、腐泥-腐植型 | | 显示井9口（宁波） |
| 兰溪组($K_2l$) | 金衢盆地和杭加湖地区 | 暗色泥岩 | 2.3～76.5 | 0.3～0.37 | 0.026 | 364 | 腐植-腐泥型 | 成熟<br>\|<br>高成熟 | 显示井5口地面油气苗1处（金衢） |
| 长河组(Ech) | 长河盆地 | | 11～324.5 | 0.57 | 0.028 | 128 | 腐植型(主)、腐泥-腐植型 | 未熟<br>\|<br>成熟 | 显示井1口（长河） |
| 佛昙群(Nft) | 福建沿海诸盆地 | 黑色泥岩夹油页岩 | 7.84～12.94 | 0.37 | 0.0065(B) | | | | |

陆相盆地的生油岩主要由泥质岩、局部夹泥灰岩组成，厚度变化较大，6个生油层异地累计总厚度为52.74～2064.94米。

(2) 有机质丰度　陆相盆地生油岩的有机质丰度比较低。有机碳平均含量0.18～1.5%，以0.3～0.64%为主；氯仿沥青"A"平均含量0.0047～0.081%，以0.012～0.028%为主；烃含量平均值128～678ppm，以168～364ppm为主。上述陆相盆地生油岩有机质丰度的指标，接近我国较差生油岩丰度指标，具备基本生油条件。

(3) 有机质类型　陆相盆地生油岩有机质类型仅浙江省内有部分分析资料，经综合分析，有机质类型由腐泥型、腐植型、腐泥-腐植型等几种类型组成，以腐植型、腐泥-腐植型为主（表 4-4-16）。其中寿昌组（$J_3s$）以腐泥型为主；馆头组（$K_1g$）、方岩组（$K_1f$）、长河组（Ech）以腐植型为主；兰溪组（$K_2l$）为腐泥—腐植型。

(4) 生油岩成熟度　陆相盆地生油岩成熟度资料仅浙江省内做过少量分析。根据区内海相区块生油岩成熟度划分标准（见本章表 4-4-5），区内陆相盆地的生油岩处于未熟—过熟阶段，多数处于高成熟—过成熟阶段（表 4-4-17）。寿昌组（$J_3s$）和兰溪组（$K_2l$）处于成熟—高成熟阶段；馆头组（$K_1g$）、方岩组（$K_1f$）、处于高成熟、高成熟—过成熟、过成熟等阶段；长河组（Ech）−900 米以下处于低成熟阶段，−900 米以上则处于未成熟阶段，佛昙群（Nft）处于未成熟阶段。由于区内不同时期形成的陆盆间缺乏时空的继承性，故不同盆地的生油层间则缺乏生油层热演化的纵向演化规律。

**表 4-4-16　浙江陆相盆地生油岩有机质类型表**

| 盆地 | | 层位 | 干酪根镜鉴 | 原子比 | | 热解 | | 族组份 | | 碳同位素 $\delta^{13}C$ | 类型综合评定 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | H/C | O/C | $S_0/S_3$ | K | 饱/芳 | 非+沥/总烃 | | |
| 寿昌 | | $J_3s^3$ | 腐泥型、腐植-腐泥型 | 0.84 | | | | | | | 腐泥型为主 |
| | | $J_3s^{\prime}$ | 同上 | 0.75 | | | | | | | |
| 永康 | | $K_1g$ | 腐植型 | 0.42 | | | | | | −22.5 | 腐植型 |
| 临海 | | $K_1g$ | 腐植型、腐植-腐泥型 | 0.37～0.48 | | | | | | −23.6～−26.3 | 腐植型 |
| 天台 | 九里坪 | $K_1g$ | 腐植型 | 0.59 | | | | | | −24.9 | 腐植型 |
| | 焦坑 | $K_1g$ | 腐泥-腐植型 | 0.70 | | | | | | −25.6 | |
| 新昌 | | $K_1g$ | 腐植型 | 0.56～1.78 | | | | | | −23.9～−26.1 | 腐植型 |
| 宁波 | | $K_1f^3$ | 腐植型、腐泥-腐植型 | 0.67 | 0.08 | 5.2 | 0.78 | 2.18 | 1.25 | −21.7 | 腐植型为主 |
| | | $K_1f^2$ | 腐植-腐泥型 | 0.70 | 0.07 | 14.7 | 1.36 | 2.45 | 1.36 | −23.2 | 腐植-腐泥型 |
| 金衢 | | $K_2l$ | 腐泥-腐植型 | 0.28～5.58 | | | | | | −20.2～−31.2 | 腐泥-腐植型为主 |
| 长河 | 长 8 井 | Ech | 腐植型 | 1.07 | | | | | | | 腐植型、腐泥-腐植型 |
| | 杭 14 井 | Ech | 腐植型 | 0.38 | | | | | | | |
| | 杭 19 井 | Ech | 腐植型、腐泥-腐植型 | 0.74～1.41 | | | | | | | |

(5) 油气显示　据不完全统计，区内已在 16 个盆地（地区）发现油气显示井 73 口（7 口为非油气探井），地面油气苗 23 处（表 4-4-18）。见于中、下侏罗统（$J_{1-2}$）、劳村组（$J_3l$）、南园组（$J_3n$）、寿昌组／坂头组（$J_3s$／$J_3b$）、馆头组（$K_1g$）、朝川组（$K_1c$）、方岩组（$K_1f$）、兰溪组（$K_2l$）、长河组（Ech）、嵊县群（Ns）等 10 个地层单元，以寿昌组／坂头组（$J_3s$／$J_3b$）和馆头组（$K_1g$）为最多、纵横向分布最广泛。油气产自砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、泥页岩，粉砂质泥岩、含膏泥岩、泥灰岩、凝灰岩、溶凝灰岩等不同岩类的裂

隙、晶洞、断裂破碎带和孔隙等次生和原生储集空间。包括沥青、原油、天然气、氮气等不同烃类的显示，以沥青、油苗为主，个别盆地的探井中曾获得少量原油和较好的气显示。福建举岚盆地举1井捞获原油2.386立方米；举9井捞获原油1.665立方米，并见较好的天然气显示。举7井亦见良好的气显示。永康盆地$H_2^4$井捞获有600毫升原油。

**表 4-4-17　浙江陆相盆地生油岩成熟度表**

| 盆地 | | 层位 | 镜质体反射率 $R_o$(%) | 热解后峰温 $T_{max}$(℃) | 干酪根颜色 | 成熟阶段 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 寿昌 | | $J_3s^3$ | 1.56~1.8 | 435~455(52) | 黄色、土黄色 | 成熟—高成熟 |
| | | $J_3s^1$ | 1.9 | >455(13) | 黄色、褐色 | |
| 永康 | | $K_1g$ | 1.9~3.5 | 490~580 | 黄色、黑色(主) | 过成熟 |
| 临海 | | $K_1g$ | 1.1~3.4 | 453~518 | 黑色(主)、黄色、棕黄色 | 高成熟—过成熟 |
| 天台 | 焦坑 | $K_1g$ | 2.1 | 455~480 | 黑色为主 | 高成熟—过成熟 |
| | 九里坪 | $K_1g$ | 1.5~1.7 | 460~500 | | |
| 新昌 | | $K_1g$ | 0.5~1.7 | 451~494 | | 高成熟 |
| 宁波 | | $K_1f^{3-2}$ | 0.95~2.5／1.6 | 444~522 | 棕黄色—棕黑色 | 高成熟 |
| | | $K_1f^{3-1}$ | 1.7~2.1／1.9 | 452~472 | 棕黄色-黑色 | 高成熟—过成熟 |
| | | $K_1f^{2-2}$ | 1.4~2.7／1.9 | 470~544 | | |
| 金衢 | | $K_2l$ | >1.48 | 435~544 | | 成熟—高成熟 |
| 长河 | | Ech | | 大多数<435 | | -900 m以上未成熟 |
| | | Ech | | >435 | | -900 m以下低成熟 |

(6) 生油能力　根据油气资源预测，浙江省内陆相盆地生油层的生油能力由43.2至806.0万吨／立方公里。其中以方岩组（$K_1f$）最高，为806.0万吨／立方公里；寿昌组（$J_3s$）318.8万吨／立方公里；兰溪组（$K_2l$）108.9万吨／立方公里；馆头组（$K_1g$）35.1~154.4万吨／立方公里，平均137.5万吨／立方公里；长河组(Ech)为59.4万吨／立方公里。

*2. 储集层*

浙闽陆相盆地普遍发育有具备不同储集条件的碎屑岩和火山岩，具备广泛的储集条件。但就其与生油层配套而言，生油层内及其近邻层中的碎屑岩和火山岩更具储集层的现实意义。故将寿昌组下段／坂头组（$J_3^1s$／$J_3b$）、馆头组—朝川组（$K_1g$-$K_1c$）、方岩组（$K_1f$）、兰溪组（$K_2l$）、长河组2—3段（$Ech_{2-3}$）、佛昙群（$N_{ft}$）等6个层段中发育的碎屑岩和火山岩作为与生油层相配套的储集层段（表4-4-19）。余者层位中发育的碎屑岩和火山岩，作为次要储集层。

陆相盆地的储集岩主要由砂岩和部分火山岩组成。由于盆地活动性大、多快速沉积和火山岩，故储集岩发育的稳定性比较差，厚度变化大。6个储集层段异地累计厚度55.9~2738.3米。

部分火山岩储集层由溶凝灰岩、凝灰岩、安山玢岩等组成，夹于碎屑岩中。在劳村组

($J_3l$)、南园组（$J_3n$）、寿昌组（$J_3s$）、朝川组（$K_1c$）、方岩组（$K_1f$）等层位的火山岩中均见有油气显示（表4-4-20）。

表4-4-18　浙闽陆相盆地油气显示简表

| 省区 | 盆地(地区) | 显示数目 | | 层位 | 岩　性 | 产出空间 | 油气显示 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 钻井(口) | 地面(个) | | | | |
| 福建 | 举岚 | 16 | 1 | $J_3b$ | 砂岩、粉砂岩及泥岩 | 裂隙孔隙 | 经举1、7、9井试油：举1井获原油2.386立方米，举9井获原油1.665立方米，举7井气显示 |
| | 麻沙 | 1 | | $J_3n$ | | 断裂破碎带 | 冒气，$N_2$占98% |
| 浙江 | 永康 | 31 | 6 | $K_1g$ | 页岩、砂岩、粉砂岩 | 孔隙<br>裂隙<br>晶洞 | 沥青、原油、油浸、油味经10口井试油：$H_2^4$井捞获原油600毫升 |
| | 宁波 | 9 | | $K_1f$ | 含膏泥岩夹泥质粉砂岩 | | 含油 |
| | 金衢 | 5 | 2 | $K_2l$<br>$J_3l$(地面1个) | 粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、泥页岩 | 裂隙<br>孔隙 | 沥青、含油、油浸。其中金16井见15cm含油砂岩 |
| | 长河 | 1<br>(长1井) | | Ech | | | 微量天然气 |
| | 杭加湖 | 1<br>(杭深1井) | | $K_1c$ | | | 氮气 |
| | 寿昌 | 7(5口为非油气探井) | 2 | $J_3s$ | 泥岩、粉砂岩、凝灰岩、粉砂质泥岩、砂岩 | 裂隙<br>晶洞 | 沥青、原油<br>油斑、油迹 |
| | 平山(临安) | 2<br>(非油气探井) | 1<br>(坑道) | $J_3s$ | 泥页岩、砂岩、粉砂质泥岩 | 裂隙 | 含油、油浸 |
| | 嵊县 | | 1 | $K_1g$ | 页岩 | 裂隙 | 沥青 |
| | 仙居 | | 3 | $K_1g$ | 泥页岩、粉砂岩 | 裂隙晶洞 | 沥青、原油、油斑 |
| | 临海 | | 1 | $K_1g$ | 页岩 | 晶洞 | 沥青 |
| | 天台 | | 1 | NS | 泥岩 | 孔洞 | 原油、油味 |
| | 浦江 | | 3 | $J_3s$(2个)<br>$J_3l$(1个) | 粉细砂岩、页岩、溶凝灰岩 | 裂隙 | 沥青、稠油 |
| | 诸暨 | | 1 | $J_3s$ | 页岩、泥灰岩 | 裂隙 | 沥青脉 |
| | 长兴 | | 1 | $J_{1-2}$ | 砂岩 | 裂隙 | 沥青脉 |

(1) 储集空间　陆相盆地的砂岩和部分火山岩储集层中见有孔隙、晶隙、气孔等原生储集空间和裂隙、晶洞等次生储集空间。可划分为孔隙型、裂隙型、孔隙—裂隙型，以孔隙—裂隙型为主。各类储集空间中，普遍见有沥青、油气显示。

(2) 储集层物性　陆相盆地的储集层物性变化大，具有层位老、物性差，层位新、物性好的纵向变化特点。寿昌组／坂头组（$J_3s$／$J_3b$）、馆头组—朝川组（$K_1g$–$K_1c$）、方岩组（$K_1f$）、兰溪组（$K_2l$）等4个储集层，最大孔隙度4.85～26.65%，平均1.4～13.05%；最大渗透率$0.33\sim207.16\times10^{-3}$二次方微米，平均$<0.05\sim9.71\times10^{-3}$二次方微米；属低渗透储

**表 4-4-19　浙闽陆相盆地砂岩储集层段数据表**

| 储集层段 | | 储集层岩性 | 砂岩厚度 | | 砂岩孔隙度(%) | | | 砂岩渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | | 资料来源 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 厚度(m) | 占地层百分比 | 最大值 | 平均值 | 多数值 | 最大值 | 平均值 | 多数值 | |
| 寿昌组下段($J_3s^1$) | $J_3s^1$ | 砂岩夹火山岩 | 24.62~362.66 | 20.83~37.94 | 4.85~21.6 | 1.4~13.05 | 6.97~13.05 | 0.37~60.48 | 0.07~1.31 | | 寿昌、浦江~墩头等盆地 |
| 坂头组($J_3b$) | $J_3b$ | 砂岩夹火山岩 | 208.4~444.30 | 24.6~52.5 | 8.92~11.57 | 4.082~6.801 | | 0.33~33.80 | 0.069~1.333 | | 举岚盆地 |
| 馆头组—朝川组($K_1g$—$K_1c$) | | 砂岩夹火山岩 | 3.59~726.4 | 2.56~79.79 | 8.52~19.35 | 1.64~6.73 | 4.37~6.73 | 0.43~65.46 | <0.05~9.71 | <0.05~0.42 | 永康、临海、嵊县—新昌、天台等盆地 |
| 方岩组($K_1f$) | | 砂岩夹火山岩 | 0.39~222.95 | 0.1~37.8 | 9.43~20.57 | 2.92~3.47 | | 0.784~2.12 | <0.07~<0.096 | | 宁波盆地 |
| 兰溪组($K_2l$) | | 砂岩 | 17.95~1199.38 | 1.99~82.55 | 26.43~26.65 | 3.55~10.69 | | 25.73~207.16 | 0.43~9.13 | | 金衢盆地 |
| 长河组2-3段($Ech^{2-3}$) | | 砂岩夹火山岩 | 2.22~138.06 | 0.77~26.28 | 35.22~39.35 | 22.15~24.65 | | 5929.66~6374.32 | 225.73~236.52 | | 长河盆地 |
| 佛昙群(Nft) | | 砂岩夹火山岩 | 7.2 | 9.96 | 34.67 | 24.88 | | 2649.09 | 459.51 | | 佛昙盆地 |

**表 4-4-20　浙闽火山岩油气苗显示表**

| 地点 | | 盆地(地区) | 层位 | 岩性 | 显示 |
|---|---|---|---|---|---|
| 浙江 | 浦江红岩 | 浦江 | $J_3s^2$ | 熔凝灰岩 | 裂隙中见固体沥青 |
| 浙江 | 建德寿昌后山 | 寿昌 | $J_3s^2$ | 同上 | 熔凝灰岩底面见黑色固体沥青 |
| 浙江 | 横1井水文孔(建德横钢) | 寿昌 | $J_3s^2$ | 晶屑玻屑凝灰岩 | 井深105.95~112.21m裂隙中见黄绿色沥青油苗 |
| 浙江 | 临安平山头 | 临安 | $J_3s$ | 凝灰岩 | 陶土矿不同逆断层下盘破碎带裂隙中见棕褐色粘稠原油渗出 |
| 浙江 | 811井 | 宁波 | $K_1f^{1-2}$ | 灰色凝灰岩 | 井深482.9~483.62m裂隙面见轻质原油 |
| 浙江 | 1003井 | 宁波 | $K_1f^{1-2}$ | 泥岩及凝灰岩 | 井深423.83~435.30m裂隙中见黄绿色原油多处渗出 |
| 浙江 | 1203井 | 宁波 | $K_1f^{1-2}$ | 玻屑凝灰岩 | 井深331.5m裂隙见黄绿色油斑 |
| 浙江 | 813井 | 宁波 | $K_1f^{1-2}$ | 同上 | 井深585.76~586.90m裂隙见黄绿色油斑 |
| 浙江 | 宁5井 | 宁波 | | 凝灰岩及凝灰质砂岩 | 井深444.26m裂隙见油斑 |
| 浙江 | 衢县石岭底 | 金衢(外围) | $J_3l$ | 碳酸盐化凝灰岩 | 孔洞及方解石脉晶洞含油 |
| 浙江 | 杭探1井(桐乡白马塘) | 平湖 | $K_1c$ | 安山玢岩 | 井深2340~2344m破碎带产氮气 |
| 福建 | 麻1井(麻沙) | 麻沙 | $J_3n$上段 | | 井深104.51~328m断裂破碎带见4处氮气显示 |

集层。长河组（Ech）、佛昙群（Nft）等2个储集层，最大孔隙度34.67～39.35%，平均22.15～24.88%；最大渗透率2649.09～6374.32×$10^{-3}$二次方微米，平均225.73～459.31×$10^{-3}$二次方微米；为高渗透储集层。火山岩孔隙度5.41～30%；渗透率0.05～2.78×$10^{-3}\mu m^2$（表4-4-21）。

**表4-4-21 浙闽火山岩储集层物性数据表**

| 地点 | | 层位 | 岩性 | 孔隙度(%) | | | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 最大值 | 最小值 | 平均值 | 最大值 | 最小值 | 平均值 |
| 浙江 | 浦1井 | $J_3s$ | 蚀变沉凝灰岩 | 23.48 | 11.33 | 16.32 | 2.78 | <0.05 | 0.96 |
| | | | 沉凝灰岩 | 12.03 | 6.86 | 8.67 | <0.05 | <0.05 | <0.05 |
| | | | 角砾状安山玢岩 | 6.30 | | 0.316 | | | |
| | | | 安山质玻屑晶屑凝灰岩 | 9.16 | 7.77 | | 0.33 | <0.05 | 0.19 |
| | | | 岩屑凝灰岩 | 7.95 | | | 1.70 | | |
| | | | 安山质含砾凝灰岩 | 5.50 | | | <0.05 | | |
| | 杭深1井 | $K_1c$ | 玄武玢岩、安山玢岩 | 7.81 | 5.41 | | 0.05 | | |
| 福建 | | | 火山岩 | 20～30 | | | >1～5 | | |

影响陆相盆地储集层物性的主要因素为成岩后生作用，以宁波盆地方岩组（$k_1f$）和长河盆地长河组（Ech）储集层为例：二者砂岩储集层均由岩屑长石砂岩、长石岩屑砂岩、凝灰质砂岩组成。方岩组储集层处于中成岩晚期—晚成岩阶段，局部为退成岩阶段；主要储渗空间由杂基、岩屑重结晶、硬石膏胶结等产生的微孔组成，仅局部见有少量溶孔；最大渗透率为0.784×$10^{-3}$～2.12×$10^{-3}$二次方微米,平均小于0.07×$10^{-3}$～0.096×$10^{-3}$二次方微米。长河组储集层处于早成岩的稳定压实—突变压实阶段；主要储渗空间为粒间孔；最大渗透率5929.66×$10^{-3}$～6374.32×$10^{-3}$二次方微米，平均225.73×$10^{-3}$～236.52×$10^{-3}$二次方微米。

*3. 盖层*

浙闽陆相盆地发育有大量的不渗透层和低微渗透层，包括泥质岩、碎屑岩、火山岩，普遍具盖层条件。根据生储盖配套的要求,下列6个层段中的不渗透和低微渗透岩类可作为盖层。

①寿昌组／坂头组（$J_3s$／$J_3b$）泥岩和低渗透粉砂岩、火山岩。分别占地层厚度的79～62%／75～47%，间夹于储集层间，生盖层合一，分布较稳定。

②馆头组—朝川组（$k_1g$–$k_1c$）泥岩和低渗透粉砂岩。占地层厚度的97～20%，间夹于储集层间，下部馆头组为生盖层合一，分布不稳定。

③方岩组（$k_1f$）泥岩、石膏、钙芒硝。占地层厚度的99.9～62.2%，间夹于储集层间，生盖层合一，分布不稳定。

④兰溪组（$k_2l$）泥岩和低渗透粉砂岩，占地层厚度的98～17%，间夹于储集层间，生盖层合一，分布不稳定。

⑤长河组（Ech）泥岩，占地层厚度的99～73%，间夹于储集层间，下部长二到长三段为生盖合一，上部长四段则为浅棕色泥岩，分布稳定。

⑥佛昙群（Nft）低渗透火山岩夹泥岩，占地层厚度的91%，其中大部分为火山岩，分布不稳定。

*4. 生储盖组合*

浙闽陆相盆地的6个生油层段及与其配套的同层或邻近储盖层在纵向上组成了寿昌组／坂头组（$J_3s$／$J_3b$）、馆头组—朝川组（$k_1g$–$k_1c$）、方岩组（$K_1f$）、长河组（$E_{ch}$）、佛昙群（Nft）等6个生储盖组合（图4–4–12、表4–4–22）。

（1）组合厚度　陆相盆地的6个生储盖组合中，组合厚度最小的为佛昙群（Nft）组合，厚度为167～898米；最大的为寿昌组（$J_3s$）组合，厚度范围366～2500米。

（2）生储层组合　陆相盆地的6个生储盖组合，主要由生油层段内的生储层间互组成，为生储盖频繁间互的组合。寿昌组／坂头组（$J_3s$／$J_3b$）组合的生储间互段全组分布；馆头组—朝川组（$k_1g$–$k_1c$）组合的生储间互段位于下部馆头组，上部朝川组为储盖间互段；方岩组（$K_1f$）、兰溪组（$k_2l$）、长河组（Ech）等组合的生储间互段位于中上部；佛昙群（Nft）组合的生储间互段位于下部。

（3）生储油条件配套　陆相盆地的6个生储盖组合中，寿昌组／坂头组（$J_3s$／$J_3b$）、馆头组—朝川组（$k_1g$–$k_1c$）、方岩组（$k_1f$）、兰溪组（$K_2l$）等4个组合，生油能力170.3～805.4万吨／立方公里，油气处于成熟—过熟阶段，生油层配套比较好；但储集层平均渗透率低，缺乏高渗透储集层，储集层配套比较差。长河组（Ech）、佛昙群（Nft）等2个组合，储集层平均渗透率为$225\times10^{-3}$～$459\times10^{-3}$二次方微米，高渗透层段比较发育，储集层配套比较好；但生油层多数处于未熟—低成熟阶段，缺乏成熟油气的配套。

（4）油气组合　陆相盆地的6个生储盖组合，其油气处于未成熟—过成熟演化阶段。不同组合的油气成熟度，取决于盆地自身的烃类演化条件。根据6个生储盖组合的油气成熟度可划分为三种类型的油气组合。

馆头组—朝川组（$k_1g$–$k_1c$）、方岩组（$k_1f$）等2个组合，油气处于高熟—过熟演化阶段，为凝析油、湿气、干气组合。

寿昌组／坂头组（$J_3s$／$J_3b$）、兰溪组（$k_2l$）等2个组合，油气处于成熟—高成熟演化阶段，为原油、凝析油、湿气组合。

长河组（Ech）、佛昙组（Nft）等2个组合，油气处于成熟—未成熟演化阶段，为低熟原油—生物气组合。

**二、运聚条件**

浙闽中、新生代陆相盆地为大陆边缘活动带所形成的断坳陷盆地和火山构造盆地，构造形变以断裂为主，褶皱比较简单，主要为单斜、向斜构造。形成地层、岩性、构造等油气运聚的地质条件，就构造而言有二种主要类型。

*1. 褶皱构造*

包括背斜构造和鼻状背斜构造，仅在少数盆地中发现，数量不多。由于地面地质工作不够详细，地震勘探工作量又少，故对已发现构造的地表及其地腹基本面目大多不甚清楚。根据24个盆地（地区）34个主要构造统计（表4–4–23）：构造比较小，长1～40公里，多数1～8公里；浙江寿昌、永康、长河等3个盆地内4个构造的圈闭面积0.89～2.3平方公里，闭合度62～200米；两翼倾角低缓—中等，多数10°～40°；构造不完整，并且多数被断层切割。

陆相盆地内发育的背斜和鼻状背斜构造目前尚未发现油气藏和好的油气显示。浙江永康

| 层位 | 岩性 | 厚度(m) | 生油层 | 储集层 | 盖层 | 生储盖组合 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 组合 | 层位 |
| 佛县群(Nft) | | 167~898 | | | | | Nft |
| 长河组(Ech) | | 1078~1728 | | | | | Ech |
| 衢县组($K_2j$) | | 305~>1000 | | | | | |
| 兰溪组($K_2l$) | | 307~1450 | | | | | $K_2l$ |
| 方岩组($K_1f$) | | 513~1734 | | | | | $K_1f$ |
| 朝川组($K_1c$) | | 500~1436 | | | | | $K_1g$—$K_1c$ |
| 馆头组($K_1g$) | | 300~>1000 | | | | | |
| 寿昌组($J_3s$) / 坂头组($J_3b$) | | 366~2500 / 147~2102 | | | | | $J_3s$ / $J_3b$ |
| 黄尖组($J_3h$) / 南园组($J_2n$) | | 600~4389.5 / 825~8531 | | | | | |

图 4-4-12 浙闽陆相盆地生储盖组合划分简图

表 4-4-22 浙闽陆相盆地生储盖组合数据表

| 组合划分 | 分布地区 | 油气演化组合带 | 组合厚度(m) | 生油层：生油岩厚度(m) | 生油层：平均有机碳(%) | 生油层：平均氯仿沥青"A"(%) | 生油层：平均烃含量(ppm) | 有机类型 | 成熟度 | 储集层：砂岩储集岩厚度(m) | 储集层：平均孔隙度(%) | 储集层：平均渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | 盖层 | 油气显示 | 代表盆地 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 寿昌组($J_3s$) | 浙西北—浙中中西部和福建全境 | 原油、凝析油、湿气 | 2500～366 | 1119～20.7 | 0.22～0.64 | 0.081 | 650 | 腐泥型为主 | 成熟～高成熟 | 20.83～362.66 | 1.4～13.05 | 0.07～1.31 | 泥岩和低渗透火山岩 | 显示井 23 口、地面油气苗 7 处、以沥青稠油为主 | 寿昌、举岚 |
| 坂头组($J_3b$) | | | 147～2102 | 100～749 | 0.15～1.06 | (B) 0.002～0.033 | | | | 208.04～444.30 | 4.082～6.801 | 0.069～1.333 | | | |
| 馆头组($K_1g$)～朝川组($K_1c$) | 浙中 | 凝析油、湿气、干气 | 800～>2436 | 1.4～280.1 | 0.18～1.50 | 0.005～0.022 | | 腐植型为主 | 高成熟、过成熟、高成熟、～过成熟 | 3.59～726.4 | 1.64～6.73 | <0.05～9.71 | 泥岩、粉砂质泥岩 | 显示井 31 口、地面油气苗 11 处、以沥青稠油为主 | 永康 |
| 方岩组($K_1f$) | 浙中个别盆地 | | 513～1734 | 9.5～251.9 | 0.61 | 0.0218 | 306 | 腐植型为主 | 高成熟、高成熟、～过成熟 | 0.39～222.95 | 2.92～3.47 | <0.07～<0.096 | 泥岩、石膏，钙芒硝 | 显示井 9 口 | 宁波 |
| 兰溪组($K_2l$) | 金衢盆地和杭加湖地区 | 原油、凝析油、湿气 | 307～1450 | 2.3～76.5 | 0.3～0.37 | 0.026 | 364 | 腐植～腐泥型 | 成熟～高成熟 | 17.95～1199.38 | 3.55～10.69 | 0.43～9.13 | 粉砂质泥岩、泥质粉砂岩 | 显示井 5 口、地面油气苗 1 处、以沥青稠油为主 | 金衢 |
| 长河组(Ech) | 杭州湾及其两岸 | 低熟油、生物气 | 1078～1728 | 11～324.5 | 0.57 | 0.028 | 128 | 腐植型为主 | 未熟～成熟 | 2.22～138.06 | 22.15～24.65 | 225.73～236.52 | 泥岩 | 长 1 井见微气显示。 | 长河 |
| 佛昙组(Nft) | 闽东南沿海 | 低熟油、生物气 | 167～898 | 7.84～12.94 | 0.37 | 0.0065 (B) | | | 未熟 | 7.2 | 24.88 | 459.51 | 低渗透火山岩夹泥岩 | | 佛昙 |

**表 4-4-23　浙闽陆相盆地局部构造数据表**

| 省区 | 盆地(地区) | 构造名称 | 组成层位 | 长轴(km) | 短轴(km) | 面积($km^2$) | 幅度(m) | 两翼倾角 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 浙江 | 寿昌 | 黄家蓬鼻状背斜 | $J_3s^3$ | | | 1(闭) | | | |
| | 永康 | 土山尖背斜 | $K_1g-K_1c$ | | | 2.3(闭) | 62(闭) | | |
| | 金衢 | 雅塘鼻状背斜 | $K_1l$ | | | | | | |
| | | 中埠背斜 | $K_1l$ | | | 17.68 | 1000 | | |
| | | 下方泉鼻状背斜 | $K_1l$ | | | 35.66 | 1000 | | |
| | | 扬塘背斜 | $K_1l$ | | | 24.96 | 800 | | |
| | | 沈店鼻状背斜 | $K_1l$ | | | 8.80 | 400 | | |
| | 长河 | 庵东鼻状背斜 | $Ech^2$ | | | 0.89(闭) | 160(闭) | | |
| | | 六塘鼻状背斜 | $Ech^{2-3}$ | | | 1.8(闭) | 200(闭) | | |
| 福建 | 翁墩 | 上梅背斜 | $T_3-J_2$ 轴部($P_2^2$) | 8 | | | | E:40° | W:40° |
| | 濠村 | 大仓下背斜 | $T_3-J_2$ | 8 | 2 | | | E:25°~45° | W:20°~30° |
| | 拓荣-西洋 | 赤岭岗背斜 | $K_1s$ | 1.5 | | | | E:22° | W:38° |
| | 福鼎 | 熊岭背斜 | $K_1$ | 1 | | | | E:13° | W:8°~20° |
| | 建瓯 | 鲁口背斜 | $T_3-J_2$ | >40 | | | | | |
| | | 东山背斜 | $T_3-J_2$ | >10 | | | | | |
| | | 官培背斜 | $T_3-J_2$ | >10 | | | | | |
| | 水门 | 水门背斜 | $J_3x$ | 2.5 | | | | E:25° | W:20° |
| | 杉洋 | 马坪背斜 | $J_3n$ | 6 | | | | E:40° | W:55° |
| | 龙安-岭腰 | 善溪背斜 | $T_3-J_2$ | 3 | | | | E:25° | W:25° |
| | 白云 | 千里泽背斜 | $J_3c-J_3n$ | 8 | | | | E:12° | W:20° |
| | 川石 | 川石海峡背斜 | $J_3x$ | 3~1.5 | | | | E:31°~50° | W:28°~60° |
| | | 僮楼背斜 | $J_3x$ | 1 | | | | E:30° | W:50° |
| | 禾山 | 石碧鼻状背斜 | $K_1h$ | 19 | | | | E:40° | W:9°~14° |
| | 清流 | 清流鼻状背斜 | $T_3-J_2$ | >20 | | | | E:65° | W:40°~50° |
| | 福清 | 新局背斜 | $J_3c$ | 14 | | | | E:60°~70° | W:60°~70° |
| | 长汀 | 流源背斜 | $T_3-J_2$ | 20 | | | | E:20°~23° | W:20°~23° |
| | 连城 | 李坊背斜 | $K_2$ | 7 | 1.5~2 | | | E:10°~20° | W:10°~20° |
| | 游洋 | 游洋背斜 | $J_3b$ | 2.5 | 0.5~1 | | | E:10°~20° | W:6°~20° |
| | 漳平 | 城门障山背斜 | $T_3-J_2$ | 7 | | | | E:30°~40° | W:直立 |
| | | 黄竹洋背斜 | $T_3-J_2$ | 5.5 | | | | | W:40°~50° |
| | | 漳平背斜 | $T_3-J_2$ | 7 | | | | | |
| | 堂堡 | 上清堂背斜 | $T_3-J_2$ | 2 | | | | E:52° | W:49° |
| | 后田 | 寨栖背斜 | $T_3-J_2$ | 4 | | | | E:20°~30° | W:20°~30° |
| | 利水-龙消 | 美岭背斜 | $T_3-J_2$ | 18 | | | | | W:20°~35° |

盆地馆头组（$k_1g$）共发现31口浅井油气显示和6处地面油苗，集中分布于土山头背斜的西南段及其两翼，尤以西北翼为普遍，主要为沥青和稠油，产于裂隙、孔隙中。

2. 断裂带

浙闽陆相盆地内的断裂及其断裂带非常发育，它既是油气的散失带，又可能为油气的运聚带，特别是潜伏断裂及其断裂带。浙江永康盆地石柱向斜两翼的冲断裂带见有石英、萤石及其它岩脉和碳沥青，为破坏油气运聚的动力变质带。福建举岚盆地$F_3^2$断裂为北东向的逆冲断裂、走向30°，倾向北西、倾角65°，长4公里，断距200米，位于断裂带上的举1井坂三段（$J_3^3b$）裂隙含油，经测试捞获有2.4立方米原油；举7井位于北北西向的正断裂带上，坂头组（$J_3b$）孔隙含油、裂隙含气。断裂带具备一定的运聚和保存条件。但由于陆相盆地所发育断裂及其断裂带的特征和形成条件的不同，其对油气运聚的作用和意义也必然不同，故应对具体断裂及其断裂带作具体分析。

## 三、保存条件

浙闽陆相盆地中的6个生储盖组合，在其发展过程中，多数具备较好的保存条件（表4-4-24）。其中：寿昌组／坂头组（$J_3s$／$J_3b$）、馆头组—朝川组（$K_1g$-$K_1c$）、方岩组

**表4-4-24 浙闽陆相盆地盖层条件统计表**

| | 层位 | $J_3s$ / $J_3b$ | $K_1g$ | $K_1c$ | $K_1f$ | $K_2l$ | $K_2j$ | Ech | Nft |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 盖层和区域盖层 | 厚度(m) | 366～2500 / 147～2102 | 300～>1000 | 500～1436 | 513～1734 | 307～1450 | 305～>1000 | 1078～1728 | 167～898 |
| | 岩性组合 | 泥岩与粉细砂岩夹火山岩间互层 | 粉细砂岩夹泥页岩、火山岩间互层 | 粉细砂岩、砂砾岩夹泥岩间互层 | 砂砾岩、泥岩夹粉细砂岩 | 粉细砂岩夹粉砂质泥岩 | 砂岩、含砾砂岩 | 泥岩夹粉细砂岩、含砾砂岩间互层 | 火山岩、砂岩、含砾砂岩夹泥页岩 |
| | 现存分布 | 浙西北～浙中和福建全境局部分布 | 浙中局部分布 | 浙西北—浙中局部分布 | | | | 杭州湾及其两岸局部分布 | 闽东南沿海局部分布 |
| 生储盖组合 | 寿昌组($J_3s$) / 坂头组($J_3b$) | 盖层 | 区域盖层 | 区域盖层 | 区域盖层 | 区域盖层 | 区域盖层 | | |
| | 馆头组～朝川组($K_1g$-$K_1c$) | | 盖层 | | 区域盖层 | 区域盖层 | 区域盖层 | | |
| | 方岩组($K_1f$) | | | | 盖层 | 区域盖层 | 区域盖层 | | |
| | 兰溪组($K_2l$) | | | | | 盖层 | 区域盖层 | | |
| | 长河组($E_{ch}$) | | | | | | | 盖层、区域盖层 | |
| | 佛昙群($N_{ft}$) | | | | | | | | 盖层 |

($K_1f$)、兰溪组（$K_2l$）等4个组合，其不仅具备有直接盖层,且上覆有区域盖层,除寿昌组／坂头组组合与上覆区域盖层间为不整合外，余者各组合与上覆区域盖层间均为连续沉积；长河组（$E_{ch}$）组合，其自身具备有长二、三段（$E_{ch}^{2-3}$）泥岩的直接盖层，长四段（$E_{ch}^{4}$）泥岩的区域盖层；佛昙群（Nft）则仅有自身的直接盖层，缺乏上覆的区域盖层。但由于浙闽的陆相盆地，后期破坏改造强烈，多数盆地断裂发育，目的层不同程度地裸露地表或埋藏较浅，保存条件变差。如浙江永康盆地；断裂较发育，勘探目的层馆头组（$K_1g$）零星或成片裸露地表；根据钻达馆头组（$K_1g$）目的层的42口探井统计，馆头组($K_1g$)顶部埋深5.51～520.87米，底部埋深119.83～550.13米；馆头组（$K_1g$）中发现有6个地面油苗，31口钻井显示，均属稠油、沥青显示，可能与保存条件较差，油气遭受氧化有关。

少数盆地断裂虽发育，但由于其目的层埋藏较深，盖层条件变好，保存条件可能相对变好。如浙江宁波盆地：虽然断裂发育、目的层方岩组（$K_1f$）多数与第四系（Q）直接接触，但其目的层埋深变大，加之发育泥膏岩类，保存条件较永康盆地相对变好。根据钻达方岩组（$K_1f$）目的层的16口探井统计，方岩组（$K_1f$）顶部埋深61.1～106.7米，底部埋深402.8～608.4米；方岩组（$K_1f$）中9口井见显示，以轻质油为主，个别井见气，地表未见油气苗。

# 第五章 盆地分述[1]

浙闽共有46个面积大于200平方公里的陆相盆地（44个）和海相区块（2个）。1958年以来，先后对18个陆相盆地（地区）和海相区块的2个局部地区进行了浅层勘探。其中对福建的举岚盆地和浙江的永康、金衢、宁波、长河等盆地及煤山向斜进行了重点勘探。这些盆地（地区）普遍见有油气显示，并获有少量原油，为具有一定勘探远景的含油气盆地。但目前，由于勘探程度低，尚未获得工业油气流。

## 第一节 永康盆地

永康盆地地处浙中中部，位于永康—南马盆地西南部，面积约为500平方公里，为燕山晚期（K）形成的断陷盆地。勘探目的层为下白垩统馆头组（$K_1g$）。

盆地于1959～1961年先后进行了1∶20万重力、磁法及电测深测量；1∶5万地质详查；浅井钻探。1984年进行了油气资源评价。共钻浅井47口，总进尺16521.10米，31口井见油气显示。采用爆炸、酸浸、热洗、压裂等强化措施对10口井进行了试油，在$H_2^4$井捞获600毫升原油，未获工业油气流（图4−5−1）。

### 一、地质构造特征

*1.基底*

永康盆地为燕山晚期（K）形成的断陷盆地，呈北东向展布。盆地基底由磨石山组（$J_{3m}$）火山岩夹火山碎屑岩组成，厚度大于1900米。盆地基底在盆地四周除东北部外，均已出露，东南缘与盆地呈断层接触，西北缘与盆地呈超覆不整合；在盆地内部则普遍埋于地腹，最大埋深大于2500米。

*2.地层*

由下白垩统馆头组（$K_1g$）、朝川组（$K_1c$）、方岩组（$K_1f$）组成，总厚度2738.9米。上第三系嵊县群（Nsh）零星见及，不整合于馆头组—朝川组（$K_1g$—$K_1c$）之上。

馆头组为河湖相间夹喷发相沉积，由细碎屑岩夹火山岩建造组成，沉积厚度377.7米。底部为紫红色砾岩及含砾粗砂岩；下部由黄绿色、灰黑色粉砂质泥岩夹细砂岩与页岩组成；中上部为暗紫色、灰绿色、黄绿色与黑色凝灰质粉砂岩、细砂岩夹沉凝灰岩和少量泥岩，与上覆朝川组呈假整合接触。为盆地主要生储油层系。盆地西南部和中部零星出露。

朝川组为河湖—河流相间夹喷发相沉积，由细碎屑岩间夹粗碎屑岩、火山岩建造组成，沉积厚度734.2米。湖盆较馆头组沉积时有所变浅，范围向西北有所扩大，超覆于磨石山组之上。底部为紫红色砾岩；下部由灰黑色、灰绿色砂岩夹砂质泥页岩组成；中部为紫红色、灰紫色砂岩、粉砂岩夹多层安山质流纹质凝灰岩及安山质玄武岩；中上部由紫红色、暗紫色、灰紫色砂岩夹砂砾岩组成。与上覆方岩组呈整合接触。除盆地东南部的中部和西北部外，大部分地区业已出露。

[1] 参阅浙、闽油气资源评价报告，1986。

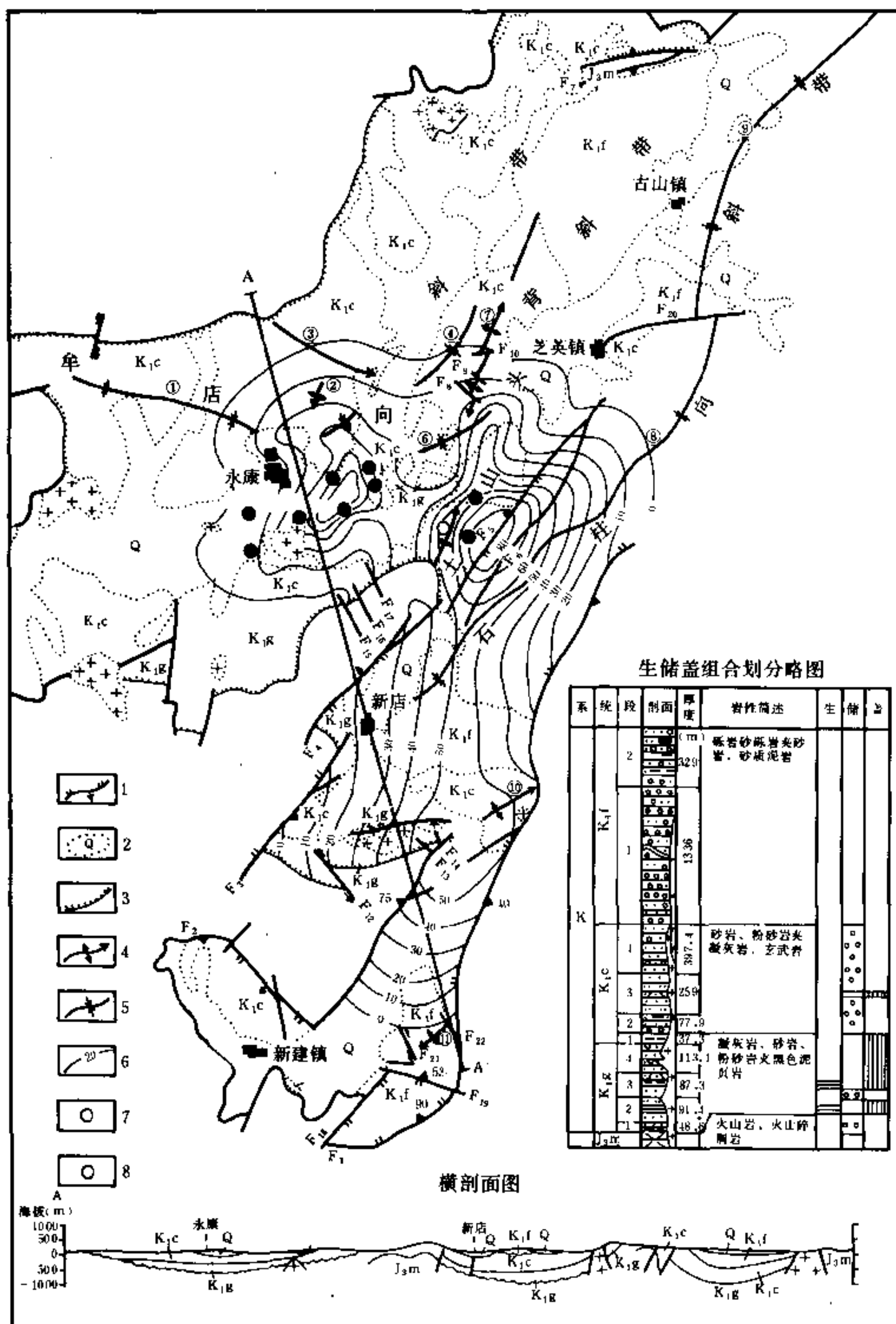



图 4-5-1　永康盆地油气勘探成果图

1—断层；2—地层界线；3—超覆地层界线；4—背斜轴线；5—向斜轴线；6—生油岩等值线；7—钻孔油苗；8—背、向斜编号①牟店向斜②下楼背斜③十里碑隆起④雅庄向斜⑤葛塘背斜⑥黄城里向斜⑦上山头背斜⑧石柱向斜⑨古山镇向斜⑩馆头背斜⑪碧川背斜

方岩组为河湖相—河流相、山麓堆积—冲积相间夹喷发相沉积，由粗碎屑岩夹细碎屑岩建造组成，沉积厚度大于1627米。湖盆较朝川组沉积时继续变浅，盆地东南部的断陷活动加剧。中下部由紫红色、灰红色砾岩、砂砾岩间夹砂岩组成，局部地区夹凝灰岩；上部为紫红色、褐红色含钙质结核砂岩，砂质泥岩夹砂砾岩。仅残存分布于盆地东南部的中部和西北部，余者广大地区业已剥蚀殆尽。

方岩组以上的白垩系上统各地层单元的沉积由于晚白垩世燕山运动盆地块断隆升已剥蚀殆尽。缺失下第三系沉积。直至晚第三世，由于盆地内局部断裂的活动而喷发沉积了上第三系嵊县群，为火山熔岩，不整合覆盖于馆头组—朝川组之上。

*3.构造*

盆地盖层构造受基底构造的控制，为南断（东南缘）北超（西北缘）的北东向箕状盆地，由2个向斜带和1个背斜带组成。

(1) 牟店向斜带　位于盆地西北部牟店基底凹陷带之上。由牟店、雅庄向斜，下楼鼻状背斜、十里碑隆起等组成。呈北西西—北东向展布，地层倾角10°～26°。地表层位为朝川组。

(2) 土山头背斜带　位于盆地中部土山头基底隆起带之上。由葛塘下鼻状背斜、土山头背斜及其间的黄城里向斜等组成。呈北东向展布，地层倾角25°～26°。地表层位朝川组、馆头组零星出露。

(3) 石柱向斜带　位于盆地东南部，石柱基底断陷带之上。由石柱、古山镇向斜、馆头、碧川鼻状背斜组成。呈北东—北北东—北东向展布，地层倾角12°～29°，近断裂带可达65°～80°。地表层位馆头组—方岩组。

*4.断裂*

盆地断裂比较发育，据统计共有大小断裂20多条。分布有北东向、北西向、近东西向、近南北向等4个组系和逆断层、正断层、平推断层等三类断层。北东向断裂分布于盆地东南部，为控制盆地东南部构造带及其边界的主要断裂，其延伸长、断距大，以逆断层为主。余者各组断层延伸长度短、断距小，以平移断层为主，普遍使北东向构造、断裂和盆地边界发生水平位移，晚于北东向构造、断裂的形成。

根据盆地内$F_1$～$F_7$等7条主要断裂的统计（表4-5-1）：北东向断裂6条，近东西向断层1条；断层长度5～40公里，断距100～900米，断面倾角45°～70°；逆断层5条，正断层2条；断切层位磨石山组—方岩组。

*5.岩浆活动*

盆地岩浆活动时有发生，以喷发为主。喷发活动主要位于馆头组沉积的中晚期和朝川组沉积的早中期，为间断喷溢活动，由安山质、流纹质凝灰岩组成，局部夹有安山玄武岩。方岩组沉积时喷发活动微弱，仅在局部地区夹有凝灰岩。岩浆侵入活动一般规模不大，岩体局部分布，以花岗斑岩和辉绿岩为主，呈岩脉、岩枝产出。沿大断裂、大裂隙带分布有萤石脉和石英脉。

**二、石油地质条件**

*1.生储盖层及其组合条件*

(1) 生油层　盆地生油层位于馆头组中下部，分布于盆地中部土山头背斜带和东南部石柱向斜带的西南部。生油岩以灰黑色泥岩为主夹页岩及硅砂质泥页岩组成，单层厚度2～24米，一般3～5米，总厚度1.4～80.8米。生油岩分布面积约为212.5平方公里，总体积为

6.035 立方公里，生油量 260.9 万吨，生油能力 43.2 万吨／立方公里。

**表 4–5–1　永康盆地主要断裂数据表**

| 编号 | 名称 | 走向 | 长度 (km) | 倾向 | 倾角 | 断距 (m) | 性质 | 上下盘层位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $F_1$ | 黄碧—溪下洞 | 30° | 40 | SE | >45° | 100～900 | 逆冲 | $J_3m$ / $K_1c-K_1f$ |
| $F_2$ | 后山沿 | 35° | 13 | SE | >70° | 200～600 | 逆冲 | $J_3m$ / $K_1g-K_1c$ |
| $F_3$ | 石　雅 | 35° | 8 | NW | >65° | >500 | 逆冲 | $J_3m$ / $K_1g-K_1c$ |
| $F_4$ | 皮　后 | 40° | 5 | NW | >65° | 700～900 | 逆冲 | $J_3m-K_1g$ / $K_1g-K_1c$ |
| $F_5$ | 前塘头 | 35° | 8 | NW | 70° | 100+ | 逆冲 | $K_1g-K_1c$ / $K_1c$ |
| $F_6$ | 附　龙 | 30° | 9 | SE | 56°～70° | <100 | 正 | $K_1f$ / $K_1c-K_1f$ |
| $F_7$ | 桥下朱 | 近 EW | 12 | S |  | >100 | 正 | $K_1c$ / $J_3m$ |

生油岩有机碳最高含量 3.33%，平均 0.85%；氯仿沥青“A”最高含量 0.015%，平均 0.005%。生油岩有机质类型属腐泥–腐植型、腐植型，以腐植型为主。生油岩处于过成熟演化阶段，镜质体反射率（$R_o$）1.9～3.5%。

盆地内油气显示普遍，发现有 31 口显示井和 6 处地面油苗。主要分布于馆头组，个别位于朝川组底部。为裂隙稠油、沥青和不稳定薄层含油砂岩夹层。$T_2$、$T_2^1$、$H_2^4$ 等钻孔裸眼提捞测试中见有少量原油，一般呈黑色，少数为黄褐色，粘度大，常温下不易流动。经对 $H_2$ 和 $H_2^4$ 孔原油组分分析，油质含量 26.76～49.87%；胶质含量 24.63～30.25%；沥青质含量 3.53～3.67%。此外在 $H_2$ 和 $G_2$ 孔中发现氮气，经 $G_2$ 孔氮气组分分析，$N_2$：90.624%；$O_2$：7.02%；$CH_4$：1.52%；$C_2H_6$：0.24%；酸性气体：0.50%。

（2）储集层　盆地储集层由馆头组和朝川组的砂岩组成，厚度变化大。馆头组砂岩厚 1.57～349.80 米，占本组厚度的 4.0～85.4%；朝川组砂岩厚 1.8～376.6 米，占本组厚度的 1.8～75.2%。馆头组和朝川组砂岩主要由硬砂岩、蚀变硬砂岩、凝灰质砂岩等组成；胶结物为绢云母化之泥质及少量凝灰质、铁质、钙质，大多为基底式胶结类型。

储集空间由原生孔隙和次生裂隙、晶洞等组成，以次生空间为主。原生孔隙的孔隙度 1.64～19.35%，平均 6.73%；渗透率 $<0.1\times10^{-3}$～$1.21\times10^{-3}$ 二次方微米，平均 $0.42\times10^{-3}$ 二次方微米。次生空间包括构造裂隙、层间裂隙、成岩裂隙、晶洞等，以构造裂隙为主，尤以薄层页岩为发育。页岩裂隙率 4～6%，砂岩裂隙率 2～4%。储集空间类型为孔隙—裂隙型。馆头组砂岩孔隙中，由于物性分布的不均匀性，常呈条带状，斑点状及星散状油浸显示，在裂隙、晶洞中则成原油和沥青显示。

（3）盖层　盆地盖层由馆头组和朝川组不渗透—低渗透的泥质岩、火山岩组成。

(4) 生储盖组合　盆地内馆头组的生储盖层和朝川组的储盖层在纵向上组成出生储盖间互—储盖间互的生储盖组合。生储盖组合位于馆头组中下部，为生储盖频繁间互的组合。储盖组合位于馆头组上部—朝川组。

*2.运聚条件*

盆地运聚条件主要为晚白垩世燕山运动所形成的背斜构造和断裂牵引的背斜构造。盆地馆头组中下部生油层于早白垩世晚期进入成油期，故晚白垩世燕山运动所形成的构造为盆地成油晚期主要运聚条件。成油早期的运聚条件则为早白垩世晚期—晚白垩世晚期的古构造。

(1) 背斜构造　盆地内发现地面背斜 4 个，以鼻状背斜为主。

1) 土山头背斜：位于盆地中部土山头背斜带东北部，馆头组生油凹陷边缘，为盆地内唯一的圈闭构造。背斜呈北东 25° 展布，地表由朝川组组成；闭合面积 2.3 平方公里，闭合度 62 米；西北翼倾角 5°，东南翼倾角 13°。背斜被 2 条北西向和 1 条近东西向平移断层断切为四段，轴线由西南往东北逐段向西北和西位移。位移距由 0.2～0.4 公里，影响了构造的封闭性。

2) 葛塘下鼻状背斜：位于盆地中部土山头背斜带西南部，馆头组生油凹陷边部。背斜呈北东 35° 展布，长 2.20 公里；地表由馆头组组成，西北翼倾角 14°，东南翼倾角 15°。

3) 馆头鼻状背斜：位于盆地西南部，馆头组生油凹陷边部。背斜呈北东 60° 展布，长 3 公里。地表由馆头组组成，西北翼倾角 25°，东南翼倾角 17°。

4) 碧川鼻状背斜：位于盆地西南部，馆头组生油凹陷边部。背斜呈北东 20° 展布，地表由方岩组组成。

(2) 断裂牵引背斜　由于盆地断裂比较发育，故由断裂牵引的背斜构造比较常见，但其规模很小。

盆地内的土山头、葛塘下，馆头等背斜构造钻探了一些浅井，油气显示较差。其中土山头背斜两端所钻的浅井中，仅在西南端一些井中见油气显示。盆地内背斜带及其背斜的油气显示普遍不如向斜带，其原因可能与储集层物性差有关。

*3.保存条件*

盆地馆头组—朝川组生储盖组合，已在盆地西北部的牟店向斜带和中部的土山头背斜带广泛出露，局部地区已出露目的层馆头组，目的层埋藏浅，加之断裂发育，保存条件比较差。根据盆地内钻达目的层馆头组的 42 口浅井统计，馆头组顶部埋深 5.51～520.87 米，底部埋深 119.83～550.13 米。盆地内 6 个地面油苗，31 口钻井显示，多数属稠油、沥青，可能与保存条件比较差、油气遭受氧化破坏有关。盆地西南部石柱向斜带地表出露方岩组，馆头组埋深加大，就保存条件而言，相对变好。

**三、初步认识与评价**

永康盆地为燕山晚期形成的箕状断陷盆地，具备局部生油和聚集条件，虽然储集层物性和保存条件较差、但仍可能具备一定油气勘探远景。

盆地西北部的牟店向斜带和中部的土山头背斜带，浅钻勘探程度比较高，油气储集和保存条件较差，油气勘探远景较小。盆地东南部的石柱向斜带为馆头组生油深断陷，生油岩厚度增大，最大可达 80 多米，馆头组埋深大于 1000 米，生油和保存条件变好，但勘探程度很低，为盆地深化勘探值得重视的地区。

## 第二节 宁波盆地

宁波盆地地处浙中东北部，面积约为1125平方公里，为燕山晚期（K）形成的地堑状断陷盆地。勘探目的层为下白垩统方岩组（$K_1f$）。

盆地于1961年进行了1：20万地质普查，1973～1979年开展了地质、地震、钻井等勘探工作和1：10万、1：5万重力详查，1981～1988年进行了生油研究、油气资源评价和多次覆盖地震勘探，完成地震测线223.33公里；钻井20口，其中浅井19口，中深井1口，总进尺20185.27米，9口井见油气显示，未获工业油气流（图4-5-2；图4-5-3）。

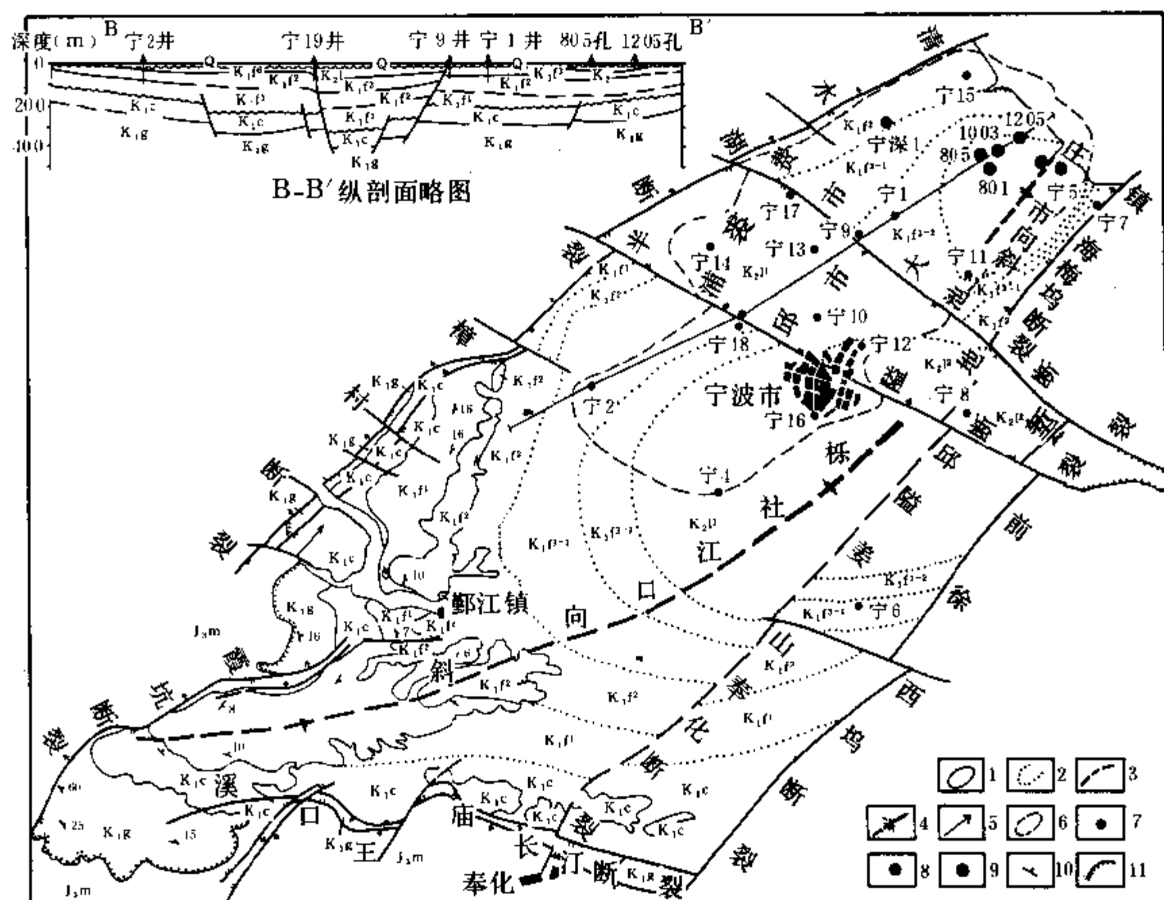



图4-5-2 宁波盆地油气勘探成果图

1—露头地层界线；2—第四系下伏地层界线；3—断层；4—向斜轴线；5—背斜轴线；6—$K_1f$生油岩分布范围；7—浅井；8—中深井；9—钻孔油苗；10—露头地层产状；11—地层超覆界线

### 一、地质构造特征

*1.基底*

宁波盆地为燕山晚期（K）形成的地堑状断陷盆地，呈北东向展布。盆地基底由磨石山组（$J_3m$）火山岩间夹沉积岩组成，厚度3000～7500米。盆地基底于盆地四周（除东北部

外）均已出露，西北、东南缘与断层接触，西南缘为断层—超覆不整合接触；盆地内部则普遍埋于地腹，最大埋深大于 2600 米。盆地基底构造为东北低、西南高的北东向凹陷。自东北往西南由庄市凹陷、裘市断陷、栎社—江口凹陷组成。

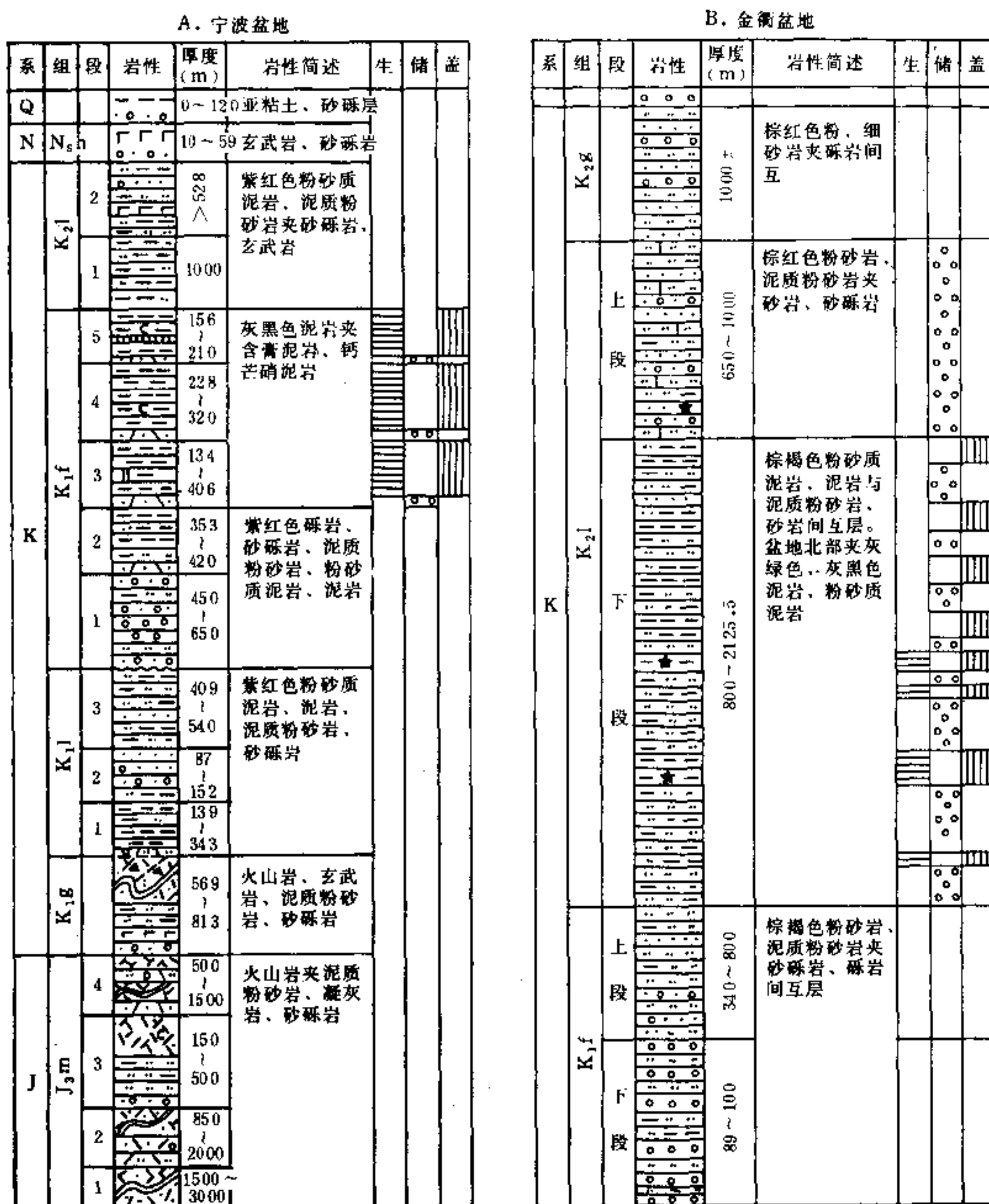



图 4-5-3 宁波、金衢盆地生储盖组合划分略图

*2.地层*

地表为第四系覆盖，其下由下白垩统馆头组（$K_1g$）、朝川组（$K_1c$）、方岩组（$K_1f$），上统兰溪组（$K_2l$）等组成，总厚度 4044～4532 米。上第三系嵊县群（Nsh）零星见及，不整合于白垩系（K）之上。

馆头组由火山岩夹沉积岩组成，厚度 560～813 米。下部为紫红色厚层状砂砾岩、砾岩、泥质粉砂岩；中部由灰紫色含岩屑凝灰岩夹多层灰绿色泥质粉砂岩、砂岩及凝灰质砾岩组成；上部为紫灰色流纹质凝灰岩。与上覆朝川组呈假整合。出露于盆地西南缘及盆地西北部的局部地区。

朝川组为红色碎屑岩沉积，沉积厚度 635～1035 米。下部由樱红色厚层状泥岩、粉砂质泥岩组成；中部为紫灰色厚层状含砾砂岩、砂岩夹砂砾岩、粉砂质泥岩；上部由紫红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹少量砂岩组成。与上覆方岩组呈不整合接触，出露于盆地西南缘。

方岩组由暗紫色碎屑岩，灰黑色泥质岩、含膏钙芒硝泥岩组成，厚度 1321～2006 米。下段（$K_1f^1$）为暗紫色厚层—块状砂砾岩，厚 450～650 米，属山麓—河流相为主的沉积。中段（$K_1f^2$）下部由暗紫色泥岩、泥质粉砂岩组成，厚度 353～420 米，为河流相—浅湖相沉积；上部为灰黑色泥岩、粉砂岩泥岩夹含膏泥岩、石膏—钙芒硝泥岩，厚度 134～406 米，属水体较深的浅湖—半深湖沉积。上段（$K_1f^3$）下部由灰黑色泥岩、粉砂质泥岩夹石膏—钙芒硝泥岩、薄层泥质白云岩组成，厚度 228～320 米；上部为灰黑色泥岩与含膏泥岩、石膏—钙芒硝泥质岩不等厚互层，厚度 156～210 米，为盐湖沉积，是膏盐沉积发育的全盛时期。与上覆兰溪组整合接触。出露于盆地西南部。为盆地的主要生储油单元。

兰溪组由细碎屑岩夹火山岩组成，厚度大于 1528 米。下段（$K_2l^1$）为砖红色、杂绿色泥质粉砂岩，偶夹砂岩薄层透镜体，厚度 1000 米；上段（$K_2l^2$）由紫红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹砂岩、砂砾岩和多层厚层状灰紫色橄榄玄武岩、玄武角砾岩组成，厚度大于 528 米。与上覆零星分布的第三系嵊县组呈不整合接触。

兰溪组以上白垩统的沉积由于白垩纪末期燕山运动盆地块断隆升而已被剥蚀殆尽，缺失下第三系（E）沉积。直至晚第三纪，盆地内局部才沉积了上第三系嵊县群，由砂砾岩、玄武岩组成，厚度 10～50 米，不整合于白垩系地层之上。第四纪以来，盆地大部地区，特别是东北部普遍下沉，为第四系沉积所覆盖，最大厚度可达 120 米。第四系下部为以砂砾石层为主的陆相沉积，厚 25～100 米，上部为以灰黑色、青灰色淤泥质亚粘土层为主的海陆过渡相沉积，厚度 25～50 米，为第四系天然气的主要含气层段。

*3.构造*

盆地盖层构造受基底构造控制，为北东向展布的地堑状向斜盆地，地层倾角 5°～10°。由于北西西向裘市地堑的发生，将向斜盆地分割为南北的栋社—江口和庄市向斜。

庄市向斜　分布于盆地东北部，位于庄市基底凹陷之上。轴向约为 35°。其西北、西南、东南边缘均与断层接触，往东北延伸入灰鳌洋。轴部及其两翼由兰溪组下段和方岩组二段组成。西北翼宽、东南翼窄，为一不对称向斜。地层倾角 5°左右。

栋社—江口向斜　分布于盆地西南部，位于栋社—江口基底凹陷之上。轴向 80°～40°。其周缘大多以断裂为界，仅西南端的局部地区为超覆不整合。向斜为西南高、东北低的箕状向斜。轴部及其两翼由兰溪组下段—馆头组组成。西北翼宽、东南翼窄，亦为一不对称向斜。地层倾角 10°左右。

裘市地堑　分布于盆地东北部，位于裘市基底断陷之上，分割庄市向斜和栋社—江口向斜。地堑呈北西西向长条形展布。由兰溪组组成。为一由西往东倾斜的单斜状地堑，地层倾角 10°左右。

*4.断裂*

盆地发育有 9 条主要断裂（表 4–5–2）。分布有北东向、北西西向等 2 个组系。北东向

主要断裂控制盆地西北和东南两侧边界，断裂带比较明显，次级断裂发育，局部充填有各种岩脉。北西西向主要断裂控制盆地西南缘边界和裘市地堑的两侧边界，以平推正断层为主，两盘落差可达400～900米；除溪口—肖王庙—奉化边界断裂为北东向断裂平错0.3～2公里外，余者主要断裂均平错北东向断裂，北东盘相对西南盘往西北错动，平错距离0.4～1.1公里。除控制盆地及其裘市地堑边界的主要断裂外，盆地边缘及其盆内的北东向，北西向一般断裂亦较发育，以断距不大的正断层为主。

**表4-5-2　宁波盆地主要断裂概况表**

| 断裂组系 | 断裂名称 | 分布及其特征 |
|---|---|---|
| 北东向 | 栖霞坑断裂 | 位于盆地西北缘，为盆地边界断裂。总体走向35°，长度均在20km以上。均为逆断层，断面倾向北西，倾角45°～55°，上盘层位$J_3m$，下盘层位$K_1g$—$K_2l$。次级断裂发育，局部充填有各种岩脉 |
| | 樟村断裂 | |
| | 清水湖断裂 | |
| | 镇海—梅楼断裂 | 前2者位于盆地东南缘，为盆地边界断裂；后者位于盆地东南部。走向35°，长度10～30km以上。均为正断层，断面倾向北西，倾角大于45°，上盘层位$K_1c$—$K_2l$；下盘层位$J_3m$，井下地层倾角45°～70° |
| | 前徐—西坞断裂 | |
| | 邱隘—姜山—奉山断裂 | |
| 北西西向 | 费市—大池头断裂 | 位于盆地东北部，为庄市向斜与裘市地堑分界断裂。走向320°，长度25km左右。为平推正断层，断面倾向南西，倾角60°左右，上盘层位$K_2l$，下盘层位$K_1f$，落差400m |
| | 半浦—邱隘断裂 | 位于盆地东北部，为栎社向斜与裘市地堑分界断层。走向333°，长度28km。为平推正断层，断面倾向北东，倾角60°，上盘层位$K_1f$—$K_2l^1$，下盘层位$K_2l^{1-2}$，落差900m |
| | 溪口—肖王庙—奉化断裂 | 位于盆地西南缘，为盆地边界断裂。走向270°～335°，长度20km以上。为逆断层，断面倾向南—南西，倾角45°～90°。为多条断层组成的断裂带 |

*5.岩浆活动*

盆地岩浆活动时有发生，以喷发为主。喷发活动主要位于馆头组沉积期和兰溪组沉积的晚期。前者喷发活动比较强烈，由大套含岩屑凝灰岩、流纹质熔结凝灰岩组成，后者为间断喷发，由橄榄玄武玢岩、玄武角砾岩组成。方岩组和兰溪组早期的喷发活动比较微弱，由多层玻屑凝灰岩组成。岩浆侵入活动微弱，岩体规模不大，分布零星，盆地边缘分布有花岗岩、花岗斑岩、霏细斑岩、流纹斑岩等岩体，呈岩瘤或岩脉产出，盆地中半数以上钻孔中钻遇安山玢岩、辉绿玢岩等岩脉。

## 二、石油地质条件

*1.生储盖层及其组合条件*

(1) 生油层　盆地生油层位于方岩组中上段（$K_1f^{2-2}$—$K_1f^3$），分布于盆地东北部的庄市向斜、裘市地堑和栎社—江口向斜北部，连片分布。生油岩由灰黑色、黑色泥岩与含膏泥岩互层夹白云质泥岩—泥质白云岩组成，厚度9.5～251.90米。生油岩面积约为200平方公里，生油岩体积54.2立方公里，生油量31066.1万吨，生油能力806.0万吨／立方公里。

生油岩有机碳最高含量2%，平均0.61%；氯仿沥青"A"最高含量0.20%，平均0.0218%；最高烃含量1226ppm，平均306ppm。生油岩有机质类型为腐植型、腐泥-腐植

型，以腐植型为主。生油岩处于高成熟—过成熟演化阶段。镜质体反射率（$R_o$）0.95～2.7%，以1.40～2.7%为主；热解后峰温444～544℃。本区9口井见油气显示，以轻质油为主，个别见气。

（2）储集层　盆地储集层为方岩组中上段生油岩中所夹的薄层凝灰质砂岩及含膏（质）砂岩。生油凹陷边缘出现一些泥质粉砂岩和砂岩，至盆地边缘多为砂砾岩。砂岩累计厚度0.39～222.9米，占地层厚度的0.1～37.8%。

储集空间由原生孔隙和次生裂隙、溶蚀孔洞等组成。原生孔隙见于砂岩储集层，其孔隙几乎全被石膏、硬石膏或碳酸盐所充填，最大孔隙度9.43～20.57%，平均2.92～3.47%；最大渗透率$0.784\times10^{-3}$～$2.12\times10^{-3}$二次方微米，平均$0.07\times10^{-3}$～$0.096\times10^{-3}$二次方微米。次生裂隙在探井中普遍可见，但不发育，为石膏或方解石脉所充填，缝内普遍见油斑、油浸。溶蚀孔洞为石膏、方解石被溶解所形成的孔洞，形成时间较晚。分布较普遍，普遍含水而不含油气。

（3）盖层　盆地盖层由方岩组中、上段的泥岩、含膏泥岩夹白云质泥岩—泥质白云岩等组成，厚度9.5～251.9米。

（4）生储盖组合　盆地内方岩组中、上段的生油（盖）层和储集层在纵向上组成了生储盖间互的组合。生盖层合一，储集层较发育，但物性较差。

*2.运聚条件*

盆地为一地层倾角平缓的地堑状向斜盆地，由于地表第四系的覆盖和地震勘探程度低，故其中深层构造尚不清楚。根据盆地构造特征分析，盆地内可能存在较多的鼻状背斜和断鼻背斜，形成油气的聚集，特别是在生油凹陷周缘地区。现已发现的有栋社—江口向斜西翼馆头组—朝川组的大弯岗鼻状背斜。盆地内北东向和北西向的逆断层和平推正断层及其断块构造比较发育，可能为油气运聚的另一个重要条件。特别是发育于方岩组生油凹陷内的费市—大池头、半浦—邱隘等2条北西向主断裂带，是值得重视的断裂构造带。

*3.保存条件*

盆地方岩组生储盖组合已在庄市、栋社向斜西北翼第四系之下大片出露，仅其向斜中心和裘市地堑内第四系之下为兰溪组所覆盖。但由于方岩组生储盖组合中的生盖层泥质岩、膏盐岩发育，故方岩组在大部地区均具备有不同程度的保存条件，其中以裘市地堑为最好。

**三、初步认识和评价**

宁波盆地为燕山晚期形成的地堑状断陷盆地，具备较好的生油条件和保存条件，储集条件较差，中深层圈闭条件尚不清楚，为具备油气勘探远景的盆地。其中裘市地堑为值得重视的深断陷。

## 第三节　金衢盆地

金衢盆地位于浙西北与浙中交界处，面积约3500平方公里，为印支—燕山早期（$T_3$—$J_2$）、燕山晚期（K）等二期断坳陷盆地的叠加盆地，以燕山晚期（K）断陷盆地为主。勘探目的层为上白垩统兰溪组（$K_2l$）和古生界。

盆地及其外围于1959～1960年进行了1／20万重磁力及电测深勘探，1960～1961年进行了1／20万地质普查、1／5万地质详查和浅井钻探，1970～1979年进行了地震和中深井、深井勘探，1984年进行了油气资源评价。共完成地震测线507.67公里，其中多次覆盖

测线为 203.50 公里；钻井 41 口，包括浅井 33 口、中深井 4 口，深井 4 口，总进尺 46616.84 米，5 口井见油气显示；试油井 1 口；尚未获工业油气流（图 4-5-4）。

**一、地质构造特征**

*1.基底*

金衢盆地主要为燕山晚期（K）形成的断陷盆地，呈北东东向展布。盆地西南段为震旦系—二叠系海相沉积岩组成的印支褶皱基底，局部为元古界变质岩组成的晋宁褶皱基底；盆地中段北翼为震旦系—石炭系海相沉积岩组成的印支褶皱基底，南翼则为磨石山组（$J_3m$）火山岩组成的基底；盆地东段均为磨石山组或黄尖组（$J_3m$ 或 $J_3h$）火山岩组成的基底。盆地基底在盆地周缘广泛出露，大多与盆地呈断层接触，仅盆地中、东段南缘大部地区为超覆不整合接触。盆地基底构造呈北东东向展布，由北部、南部、东部等三个断陷带组成。

*2.地层*

盆地普遍缺失下白垩统馆头组（$K_1g$）和朝川组（$K_1c$）的沉积。盆地内由方岩组（$K_1f$）、兰溪组（$K_2l$）、衢县组（$K_2q$）等组成，总厚度 2879～5625.5 米。

方岩组由红色碎屑岩、局部夹火山岩建造组成，厚度 429～1500 米。下段（$K_1f^1$）由棕褐色砾岩夹粉砂岩、泥质粉砂岩间互组成，局部夹 1～2 层凝灰质砂岩、凝灰岩，盆地南部夹有 1～2 层灰黑色杏仁状玄武岩；地层厚 89～700 米，其中北部 120～300 米，南部 500～700 米；为山麓洪积—河流相间夹喷发相沉积。上段（$K_2f^2$）为棕褐色钙质粉砂岩、泥质粉砂岩不等厚互层，夹少量细砂岩，下部常夹有少量砂砾岩；本段厚 340～800 米；为湖相—河流相沉积。方岩组在盆地边缘广泛出露。与下伏不同层位、不同岩类、不同褶皱的基底呈不整合接触。

兰溪组（$K_2l$）由红色细碎屑岩建造组成，厚度 1450～3125.5 米。下段（$K_2l^1$）为棕褐色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹少量细砂岩组成；局部由粉砂岩夹砂岩、含砾砂岩组成；盆地北部下部普遍夹有灰黑色泥岩、泥灰岩，局部为白云质泥岩、白云岩，最多可达 24 层（金 17 井），累计总厚度 101.21 米，为盆地主要生油岩段。上段（$K_2l^2$）盆地中部岩性较细，由棕褐色厚层块状泥质粉砂岩夹薄层钙质粉砂岩、细砂岩组成；盆地东西部岩性变粗，为棕红色厚层块状粉砂岩、粉细砂岩夹砂岩、砂砾岩。浅湖—滨湖相沉积。与下伏方岩组呈整合接触。

衢县组（$K_2q$）由棕红色厚层块状粉砂岩与砾岩间互组成，厚度 1000 米左右，为滨湖—河流相沉积。盆地大部地区已被剥蚀殆尽，仅在盆地西部和东部的局部地区零星残存。与下伏兰溪组呈整合接触。

*3.构造*

盆地构造受基底构造控制，为一南超北断的箕状断块盆地，以断块发育为主，地层倾角 4°～15°，由三个断块构造带组成。

北部断块构造带　位于盆地北部，夹于北缘断裂与下章断裂之间，为地堑式断块构造带，由断块及其向斜、背斜构造组成，背、向斜构造比较发育，呈北东东向展布，个别为近东西向。地表层位由方岩组—衢县组组成。

南部断块构造带　位于盆地南部，北以下章断裂为界，南至盆地边缘断超于磨石山组或黄尖组（$J_3m$ 或 $J_3h$）火山岩之上，为北断南超的断块构造带。地表层位由方岩组—衢县组组成。

东部断块构造带　位于盆地东部，北以大盘山、桐坑断裂为界，南至盆地边缘断超于磨

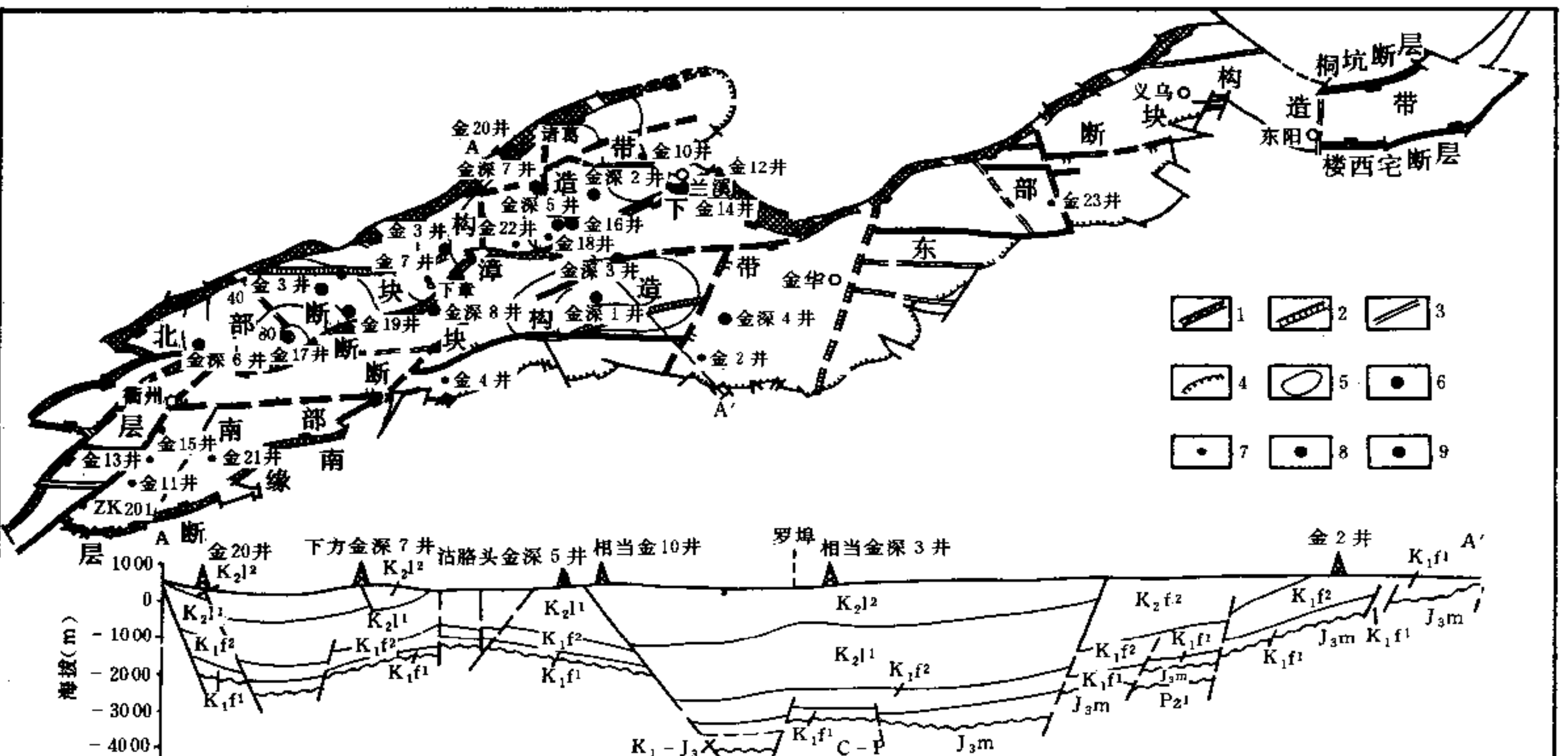



图 4-5-4　金衢盆地油气勘探成果图

1——级断裂；2—二级断裂；3——般断裂；4—$K_2$ 超覆地层界线；5—$K_2l$ 暗色层等厚线；6—深井；7—浅井；8—钻孔油苗；9—钻孔沥青

石山组或黄尖组（$J_3$m 或 $J_3$h）火山岩之上，为一北断南超的断块构造带。由断块及其向斜构造组成，北东东向至近东西向展布。地表层位由方岩组—衢县组组成。

*4.断层*

各项地质资料证实，盆地地面、地下断裂极为发育。据统计，仅地面共有大小断层76条以上。分布有北东向、近东西向、近南北向、北西向等多组断裂，以正断层为主。其中：近东西向断裂为主要断裂，其延伸长、断距大、活动时间长，控制了盆地的发生和发展，组成盆地的主要构造骨架；余者断裂延伸短、断距小、活动时间短，切错近东西向主要断裂，为次要断裂。盆地内发育的多组大小断裂，形成了众多的断块构造。

*5.岩浆活动*

盆地岩浆活动比较微弱，主要位于成盆早期方岩组沉积期间，为局部的岩浆喷发活动，由凝灰质砂岩、凝灰岩夹玄武岩组成。未见侵入岩。

**二、石油地质条件**

*1.生储盖层及其组合条件*

（1）生油层　盆地生油层位于兰溪组（$K_2$l）下段，主要分布于盆地北部断块构造带，南部断块构造带仅在金深1井—金深3井的局部地区分布。生油岩由灰绿色、灰黑色泥岩、粉砂质泥岩、泥灰岩、局部夹白云质泥岩组成，总厚度2.3～76.5米，多数呈夹层出现，单层厚0.5～14.49米。生油岩分布面积约为196.3平方公里，生油岩体积6.42立方公里，生油量699.3万吨，生油能力108.9万吨／立方公里。

生油岩有机碳最高含量1.57%，平均0.37%；氯仿沥青"A"最高含量0.095%，平均0.026%；烃含量平均值364ppm。生油岩有机质类型以腐泥-腐植型为主。生油岩处于成熟—高成熟演化阶段，镜质体反射率 $R_o>1.48\%$。

盆地内发现5口油气显示井和2个地面油苗，除1个地面油苗分布于劳村组（$J_3$l）外均分布于兰溪组。产于粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、泥页岩的裂孔隙中，为沥青、含油、油浸等显示，其中金16井井深266.66～266.81米见有15厘米含油砂岩，含油率16.75%，含水率46.41%。

（2）储集层

盆地储集层由兰溪组中的砂岩组成，厚度变化大。砂岩厚17.9～1199.4米，占该组地层厚度2.0～82.5%，主要发育于盆地南部和边缘，盆地北部发育较差。多数砂岩为充填式和基底式胶结，局部为孔隙式—接触式胶结。主要胶结物为碳酸盐，此外见有泥质和硬石膏等。

储集空间有原生孔隙和次生裂隙等。原生孔隙最大孔隙度26.43～26.45%，平均3.5～10.7%；最大渗透率 $25.7\sim207.2\times10^{-3}$ 二次方微米，平均 $0.43\sim9.13\times10^{-3}$ 二次方微米。次生裂隙主要为构造裂隙，普遍发育，金16井井深449.46～549.5米断裂破碎带见四处荧光显示；金19井井深485.4米裂隙中见油显示。

（3）盖层　盆地盖层由与生储层相配套的兰溪组中的泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩组成，其中兰一段下部为生盖同层。

（4）生储盖层组合　盆地内兰溪组中的生储盖层在纵向上组成了由生储盖间互—储盖间互组合。生储盖间互组合位于兰一段下部；储盖间互组合位于兰一段上部—兰二段。

*2.运聚条件*

盆地的运聚条件主要为白垩纪末期晚期燕山运动所形成的断块构造及其背斜构造。盆地

兰溪组下段的生油层在衢县组沉积时进入成油期，故白垩纪末期晚期燕山运动所形成的断块构造及其背斜构造与成油期具备配套条件。

盆地内分布有13个地面断块背斜，其中包括6个鼻状背斜，均为断裂所夹持和控制。10个分布于北部断块构造带，3个位于南部断块构造带。根据扬塘、沈店、下方泉、雅塘、中埠等5个背斜的地下构造统计（表4–5–3）：面积8.80～35.66平方公里，闭合度400～1000米。

**表4–5–3 金衢盆地背斜构造数据简表**

| 背斜名称 | 构造带位置 | 背斜类型 | 面积($km^2$) | 闭合度(m) |
|---|---|---|---|---|
| 扬圹 | 北部断块构造带 | 断鼻 | 24.96 | 800 |
| 沈店 | | 断鼻 | 8.80 | 400 |
| 下方泉 | | 断鼻 | 35.66 | 1000 |
| 雅塘 | | 断鼻 | 23.80 | 600 |
| 中埠 | 南部断块构造带 | 鼻状(?) | 17.68 | 1000 |

*3.保存条件*

兰溪组主要生油凹陷位于盆地北部断块构造带，而兰溪组已在带内大部地区被剥蚀和出露。其中，西部已被剥蚀，仅局部残存兰一段；中部和东部均已出露，大部地区为兰二段；东北部局部地区上覆有衢县组。故盆地的保存条件比较差。但在兰二段—衢县组分布的地区及断层封闭的地段，仍具备有保存条件。

**三、初步认识和评价**

金衢盆地为燕山晚期的断陷盆地，具备一定的生油和与其配套的聚集条件及局部的保存条件，但储集物性较差，油气藏形成的储集空间和保存配套条件不够理想，虽然如此，盆地仍可能具备局部油气勘探远景。

金衢盆地为陆相盆地和海相区块叠合的盆地，白垩系盆地之下广泛分布有震旦系—二叠系海相区块的生储盖组合，在金深5井（$C_2ch$）、金深8井（$P_1$—$C_2ch$）发现有较好的荧光显示，应为盆地深部勘探的一个重要领域，特别是盆地西部和北部以震旦系—二叠系海相沉积岩组成的印支褶皱基底地区。

盆地浅层已有一定的勘探程度，但所获资料不够齐全，缺乏盆地深浅层评价的全面资料，特别是地震勘探资料尚未过关，缺乏钻井、测井、试油等配套的技术。盆地深层海相区块的勘探尚未开展，对其成油气地质条件了解甚少。故金衢盆地为值得进一步勘探和研究的盆地。

## 第四节 长 河 盆 地[1]

长河盆地位于浙中东北部，大部位于杭州湾水域，仅其西南部长河、奄东一带为陆地。本篇所指的长河盆地为陆上部分的下第三系盆地（下同），不包括杭州湾水域。盆地位于浙中东北部边缘，面积约435平方公里。为燕山晚期（K）、喜山早期（E）的断陷叠加盆地，

[1]参阅浙江石油研究所，1987，浙江杭州湾石油地质条件及找油前景。

勘探目的层为下第三系长河组（Ech）。1973～1978年对盆地进行了地震、钻井勘探，并于1975年对水域部分进行了试验性地震工作，1984年进行了油气资源评价。完成多次覆盖地震测线663.32公里；钻井28口，其中中深井3口，总进尺29384.45米，1口井见微量气显示；试油井2口；未获工业油气流（图4-5-5）。

**一、地质构造特征**

*1.基底*

长河早第三纪断陷盆地叠加于燕山晚期（$K_2$）断陷盆地之上，盆地基底为上白垩统（$K_2$）红色碎屑岩建造，由棕褐色砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩夹泥岩与砂砾岩间互组成，厚661～1083米。在盆地东南缘和西南缘出露，与盆地呈断层接触；盆地内部则埋于地腹，深度700～1800米。

盆地上白垩统基底呈北东向展布，为一南（东）断北（西）坡的箕状断陷，控制第三纪盆地的基本形态。由东南断阶带、中部断陷带、西北斜坡带组成。

*2.地层*

由下第三系长河组（Ech）碎屑岩夹火山岩、火山碎屑岩、碳酸盐岩等组成，厚度1127.27～1728.3米，自下而上由四个岩性段组成。地表为第四系沉积所覆盖。

长一段（$Ech^1$）　由红色砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩等组成，其岩性自下而上变细，厚度266.47～406.5米。属河流—滨浅湖沉积，与下伏白垩系呈不整合。除盆地东南部边缘第四系之下局部有出露外，均埋于地腹。

长二段（$Ech^2$）　由深灰色、黑色泥岩夹灰色石灰岩、白云岩、泥灰岩、生物碎屑灰岩、鲕状灰岩、凝灰岩，黄褐色砂砾岩、砂岩等组成。厚度303.5～528.6米，为浅湖—半深湖沉积。与下伏长一段呈整合接触。其在盆地西北部和东南部边缘第四系之下出露，为盆地主要生油层段。

长三段（$Ech^3$）　由灰色、深灰色、黑色泥岩夹紫红色、灰色砂岩、粉砂岩，玄武岩、凝灰岩等间互组成。厚度157～392.7米。为浅湖—河流沉积，与下伏长二段呈不整合。其在盆地西北部第四系之下出露，为盆地局部生油层段。

长四段（$Ech^4$）　由浅棕色泥岩与砂岩间互组成。厚度400.5米。属滨浅湖—河流沉积，与下伏长三段呈整合接触。其在盆地中部第四系之下广泛出露。

盆地内缺失上第三系。第四系直接覆盖于长河组不同层位之上，由砂砾层、粘土质砂层、含砂粘土层、粘土层等组成，厚度95.5～132.5米。

*3.构造*

盆地盖层构造受上白垩统基底形态的控制，为南（东）断北（西）坡的北东向箕状盆地。长二段底地震界面坡度1°43′～14°31′，由西北往东南加大。其盆地构造由东南断阶带、中部向斜带、西北斜坡带等组成。

（1）东南断阶带　位于盆地东南部边缘，夹于二条正断层之间。第四系之下出露层位为长1—长3段。

（2）中部向斜带　位于盆地中部，其东南与东南断阶带以断裂为界，西北向斜坡带过渡。由长河向斜、庵东断鼻、东一向斜、六塘断鼻、六灶向斜等间互组成，以向斜为主。长二段底地震界面坡度6°20′～14°31′。第四系之下出露层位为长四段。

（3）西北斜坡带　位于盆地西北部，为中部向斜带往西北延伸的宽缓斜坡。长二段底地震界面坡度1°43′～4°04′。第四系之下出露层位为长二—长四段。

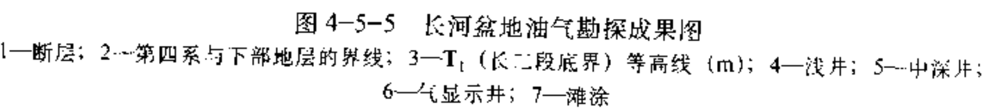



图 4-5-5　长河盆地油气勘探成果图

1—断层；2—第四系与下部地层的界线；3—$T_1$（长二段底界）等高线（m）；4—浅井；5—中深井；6—气显示井；7—滩涂

*4.断层*

经地震、钻井勘探查明，盆地内的断裂不甚发育。主要断裂分布于盆地东南部和西南部二个边缘，为控制盆地发生发展的边界断层，其延伸长，断距大，为正断层。盆地内发育有北东东向和近东西向的一些次一级断裂，断距小于 100 米，延伸长度 2～9 公里，均为正断层，分布于长北向斜北翼和庵东断鼻。

*5.岩浆活动*

长河下第三系盆地内的岩浆活动不甚发育，主要位于长二段中、下部，为局部的喷发活动，由凝灰岩、玄武岩组成。

**二、石油地质条件**

*1.生储盖层及其组合条件*

(1) 生油层　盆地生油层位于长二段和长三段，由浅灰色、深灰色、黑灰色等暗色泥岩类组成，全盆地均有分布。其厚度长二段 150～350 米，长三段 56～227 米，均由西北斜坡带往中部向斜带增厚。以生油岩划分的有机碳下限指标 0.4%为标准，长二段生油岩范围为 244.6 平方公里，厚度 8.69～261.39 米，平均 76.21 米，基本上全盆地分布，中心位于长深 3 井和长 13 井；长三段生油岩范围 165.6 平方公里，厚度 2.25～63.14 米，平均 16.1 米，中心位于杭 14 井和长 3 井。长二、三段生油岩总厚度由 10.9～324.53 米。

生油岩有机碳最高含量 2.08%，平均 0.57%；氯仿沥青“A”最高含量 0.084%，平均 0.028%；最高烃含量 208ppm，平均 128ppm。生油岩有机质类型属腐植型、腐泥－腐植型，以腐植型为主。生油岩处于未成熟—低成熟演化阶段。

长二段生油岩盆地内现已揭露的最大埋深 735.5 米（长 3 井）。杭 19 井样品分析结果，有机质转化率比较低，A／C 比小于 5%；含氧基团分子较多，芳香烃较少，红外光谱 $1700cm^{-1}$／$1600cm^{-1}$ 均大于 2.5；粘土矿物以蒙脱石、高岭石为主。有机质演化程度低，处于未成熟阶段。

长二段（$Ech^2$）生油岩盆地内揭露的埋深 169.11～1292 米。生油岩热演化分析结果：在－900 米以下，有机碳及氯仿沥青“A”均有逐渐增高趋势，A／C 多数＞10%；热解色谱中的产油率（$S_1/S_1+S_2$）均＞0.6；热解后峰温均超过 435℃，最高为 480℃；生油岩处于低成熟阶段。－900 米以上则处于未成熟阶段。

盆地东一向斜（东次凹）长二段－900 米以下 27.4 平方公里范围内计算的生油量为 348 万吨，生油能力 59.4 万吨／立方公里。

(2) 储集层

盆地储集层由长河组二、三段中的砂岩、火山岩组成。砂岩为含砾粗—细砂岩、粉细砂岩。岩性由西南往东北由粗变细，厚度 2.2～138 米，占地层厚度的 0.77～26%；最大孔隙度 35.22～39.35%，平均 22.15～24.65%；最大渗透率 $5959.66\times10^{-3}$～$6374.32\times10^{-3}$ 二次方微米，平均 $225.73\times10^{-3}$～$236.52\times10^{-3}$ 二次方微米。

(3) 盖层　盆地盖层由长二、三段（$Ech^{2-3}$）及其上覆长四段（$Ech^4$）中的泥岩、粉砂质泥岩组成，特别是长二、三段中的泥质岩，层数多、单层厚度大、分布较广，为良好的盖层。

(4) 生储盖层组合　盆地内的生储盖层纵向上组成了生储盖间互—储盖间互的组合，生储盖间互组合位于长二段和长三段中、下部，生盖合一，为生储盖频繁间互的组合。储盖间互组合位于长三段顶部—长四段。

*2.运聚条件*

盆地运聚条件主要由盆地西北部宽缓的斜坡带和中部向斜带中的庵东、六塘、东二等三个鼻状背斜组成。

庵东断鼻背斜　位于长北向斜与东一向斜之间，形似三角形。轴向 285°，长约 2 公里，宽约 1.2 公里，两翼倾角 10°～20°。背斜东端为断层封闭；轴部为一走向正断层所切，将其分为南北两盘，断面倾向北北东，倾角 60°，断距 20～80 米。长二段底地震反射层圈定的北盘闭合面积 0.16 平方公里，闭合高度 70 米；南盘闭合面积 0.73 平方公里，闭合高度 160 米。

六塘鼻状背斜　位于东一向斜与六灶向斜之间。轴向北北东向，长约 2 公里，宽约 1.2 公里，两翼倾角 10°～20°。背斜南端为边界断层封闭。长二段底地震界面圈定的闭合面积为 1.8 平方公里，闭合高度 200 米。往地表构造闭合面积及其闭合度均有减小。

东二鼻状背斜　位于东一向斜与六灶向斜间的北端，与六塘断鼻背斜为一鞍部相隔。背斜向南西倾伏，北东抬起，显示由南西往北东减弱，最后趋变为单斜，显示幅度自下而上减弱。$T_2$（长一段底）地震反射层显示长度 3.3 公里，高度 250 米。

庵东、六塘、东二等鼻状背斜上分别钻探有长深 1、长 10、长 9、长 11、长 14 等探井，均未见油气显示，可能与油气成熟度低有关。

*3.保存条件*

盆地长二、三段的生储盖组合仅在盆地西北部、斜坡带的西南部和东南部断阶带第四系之下出露，余者大部地区均为第四系之下的长四段所覆盖，普遍具备盖层及其保存条件。

**三、初步认识和评价**

长河下第三系盆地具备生油、储集、运聚、保存等石油地质基本条件，特别是储集和圈闭条件较好。但由于生油岩成熟度低，故寻找成熟油气藏的可能性较小，而寻找低熟油气藏和未熟生物气藏的可能性是存在的。

长河深部的白垩系盆地未经勘探，根据杭州湾两岸资料推测，其可能存在生油岩系及其成熟的油气。杭 13 井、长深 3 井长河组砂、泥岩荧光薄片分析结果，均有荧光显示，且发光颜色随深度增加而变深，特别是砂岩孔隙发光十分清晰。据此，对杭 13 井、长 1 井长河组 14 个砂岩样品进行了氯仿抽提，抽出少量轻质原油，经对族组分和气相色谱分析：OEP 值近于 1，奇偶优势消失，为成熟的正构烷烃；区别于上下泥岩中 OEP 值＞2，奇偶优势极为明显的不成熟烃类。干酪根类型为腐泥型；区别于长河组腐植型、腐泥-腐植型的类型。正构烷烃以轻组分占优势，主峰碳为 $C_{17}$ 或 $C_{18}$，具成熟运移烃特征。说明长河组砂岩中的成熟烃类不是来源于下第三系长河组本身，可能来源于包括王盘洋凹陷在内的深部白垩系地层，揭示了深部白垩系盆地的油气勘探远景。

## 第五节　王盘洋凹陷

王盘洋凹陷位于杭州湾水域，为陆上长河盆地往杭州湾水域的延伸部分，面积 2000 平方公里（图 4-5-6）。勘探目的层为白垩系—第三系。1977～1979 年完成 4 次覆盖地震测线 3.5 条，142.61 公里。1987～1988 年进行了油气资源评价。未进行过钻探工作。

**一、地质构造特征**

*1.基底*

王盘洋凹陷为燕山晚期（K）和喜山早期（Ech）叠加的断陷凹陷。根据杭州湾南岸的资料，凹陷基底由磨石山组（$J_3m$）火山岩间夹沉积岩组成，最大埋深在4200米以上。

*2.地层*

根据杭州湾水域与其两岸地震资料的对比，王盘洋凹陷存在四个地震反射界面及其三套地震层序组合，为白垩系～下第三系地层（表4-5-4）。

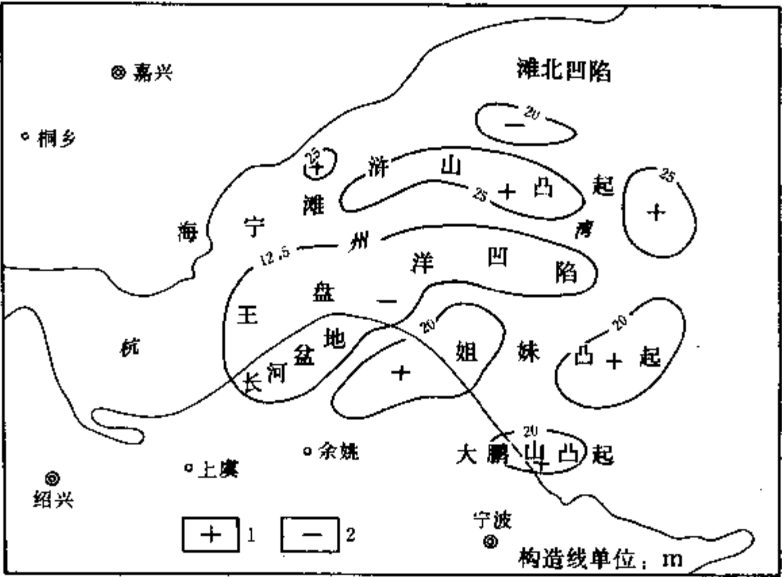



图4-5-6 杭州湾水域构造略图

1—重力高；2—重力低

上白垩统（$K_2$） 为地震层序Ⅲ（$T_2$—$T_3$），属东断西超的残留型盆地沉积。层序Ⅲ中部具有特征较明显、延伸较长的五组斜反射，成层性较好，中弱振幅连续间互，接近凹陷底部下超底积层时振幅变弱、连续性变差，为三角洲前缘砂泥相进入前三角洲—较深湖偏泥相沉积。层序Ⅲ上部主要为不连续弱振幅似蠕状地震相，为岩性单一、塑性较大的较深湖泥岩相沉积。较深湖相向西，中弱振幅连续平行反射，为斜坡浅湖偏砂相沉积。残留厚度2900米。与下伏上侏罗统火山岩和上覆第三系之间均为不整合接触。

**表4－5－4 王盘洋凹陷地震界面及层序划分表**

| 地震界面 | 地震层序划分 | | 地层层序解释 | |
|---|---|---|---|---|
| | Ⅰ | | 下第三系 | 长三段（$Ech^3$） |
| ～～～$T_0$～～～ | Ⅱ | $Ⅱ_1$ | | 长二段（$Ech^2$） |
| ——$T_1$—— | | $Ⅱ_2$ | | 长一段（$Ech^1$） |
| ～～～$T_2$～～～ | Ⅲ | | 上白垩统（$K_2$） | |
| ～～～$T_3$～～～ | | | 上侏罗统（$J_3m$） | |

下第三系（Ech） 为地震层序Ⅰ+Ⅱ（$T_2$—$T_0$以上），反射波多半平缓连续可追踪，中弱振幅间互，层序下界有很好的上超，为河湖相夹泥沼相砂、泥岩沉积。层位为长一段至长三段，残留厚度600～1300米。

*3.构造*

王盘洋凹陷为江山—绍兴和常山—漓渚大断裂所夹持的断陷，呈北东—南东东向展布，轴向由70°～100°。由东西2个次凹及其南翼、北翼、西北翼等3个鼻状斜坡带组成。东西次凹面积各为300平方公里左右，其间为南北翼鼻状斜坡带的鼻状隆起所隔。其中西次凹呈北东向展布，轴向70°～40°～70°，与长河陆上盆地的东一向斜相连，比东次凹深300

米。东凹子呈南东东向展布，轴向 150°～100°（图 4–5–7）。

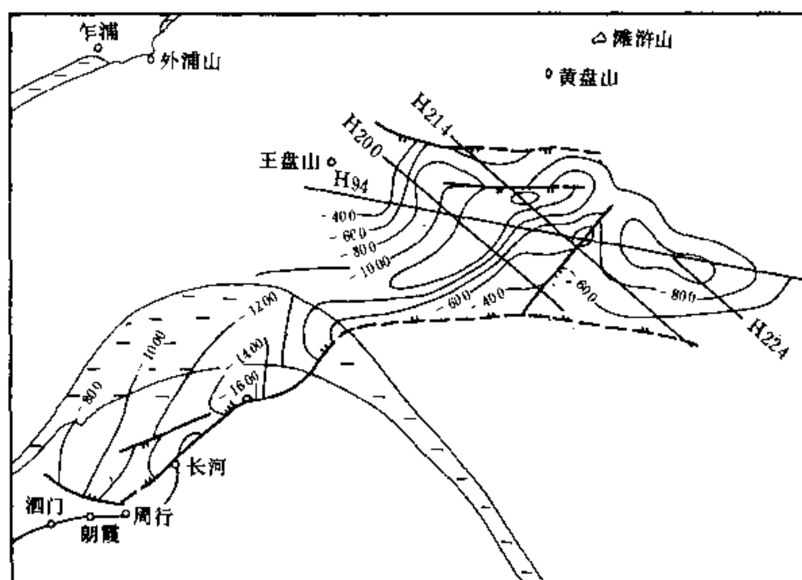



图 4–5–7　长河—王盘洋凹陷地震 $T_2$(Ech 底)反射层构造略图

*4.断层*

王盘洋凹陷发育有控制凹陷发展的深断裂和凹陷形成过程中的同生断裂。

深断裂为江山—绍兴和常山—漓渚二条边界断裂。其中江山—绍兴深断裂带位于长河—王盘洋凹陷南侧，为横贯江西、浙江的北东向深断裂带，控制中、新生代盆地的发生发展，在深断裂带上分布有清江、信江、崇仁、金衢、长河—王盘洋等断陷盆地。常山—漓渚大断裂带位于王盘洋凹陷北侧，为横贯浙江的北东向大断裂带，控制中、新生代盆地的发生发展。

同生断裂位于王盘洋凹陷内部，分布有北东向、近东西向、近南北向等三组断裂，长度 5～13 公里，以正断层为主。

*5.岩浆活动*

白垩—第三纪为浙闽大陆岩浆活动的间歇期，根据长河陆上盆地及其周缘岩浆活动的资料推断，凹陷内存在岩浆的喷发和侵入活动，其程度不详。

**二、石油地质条件**

*1.生储盖层及其组合条件*

(1) 生油岩　根据地震地层学研究及其与杭州湾两岸陆盆的对比，王盘洋凹陷内存在白垩系（$K_2$）、第三系（Ech）等 2 个生油层系，白垩系（$K_2$）为主要生油层。

凹陷内的白垩系（$K_2$）发育有 2 套生油岩系。一套为上白垩统上部（地震层序Ⅲ上部）弱振幅断续似蠕状反射，为较深湖偏泥相沉积，残留厚度 1600 米左右；另一套为上白垩统中部（地震层序Ⅲ中部）三角洲前缘砂、泥相前积沉积中的泥质岩及前三角洲～较深湖偏泥相底积沉积，最大厚度可达 2000 米左右。根据生油岩成熟度计算，凹陷内白垩系（$K_2$）成熟生油岩分布面积约 305 平方公里，最大厚度 800 米，体积约 202 立方公里（图 4–5–8）；高成熟生油岩分布面积约 198 平方公里，最大厚度约 900 米，体积约 93 立方公里；过成熟生油岩分布面积约 34 平方公里，最大厚度约 900 米，体积约 18 立方公里；生油岩总体积约 309 立方公里。按体积法、混合型干酪根、相对密度 2.3 计算，生油总量约 8.13 亿吨。以 20%排出量和聚集系数 6～10%计算，运移量为 1.63 亿吨，聚集量为 0.49 亿吨。

凹陷内的第三系，其地震剖面与长河陆上盆地的地震剖面可追踪对比，为河湖相夹泥沼相的砂泥岩沉积。长河盆地长二段和长三段暗色岩类的厚度分别为 150～350 米和 56～227 米，全盆分布，处于未成熟—低成熟演化阶段。推断其往王盘洋凹陷内延伸，全凹陷分布，最大埋深 1300 米，未进入生油门限，处于未成熟—低成熟演化阶段。

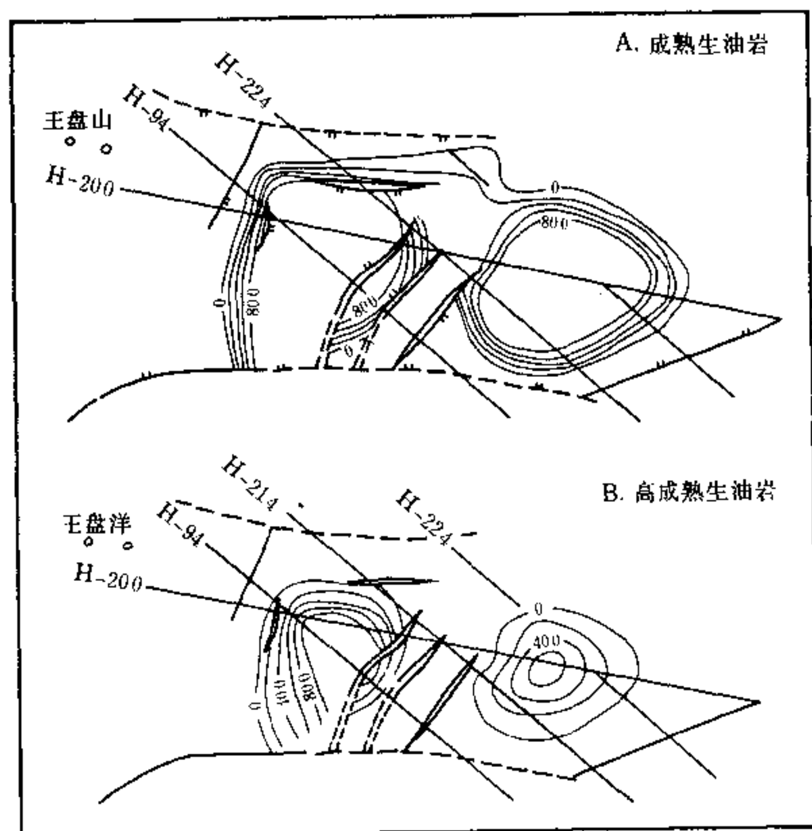



图 4-5-8　王盘洋凹陷白垩系成熟、高成熟生油岩等厚图(等值线单位 m)

(2) 储集层　根据杭州湾两岸陆盆资料，白垩系、第三系储集层主要由砂岩组成。其中第三系长河组二、三段砂岩的厚度 2.22～138.06 米，占地层厚度的 0.77～26.25%；最大孔隙度 35.22～39.35%，平均 22.15～24.65%；最大渗透率 5959.6～6374.3×$10^{-3}$ 二次方微米，平均 225.7～236.5×$10^{-3}$ 二次方微米；为中高渗透层。上白垩统砂岩样品有效孔隙度为 3～28%，一般为 10%；渗透率＜1～475×$10^{-3}$ 二次方微米。

根据地震地层学的研究及其与杭州湾两岸陆盆的对比，王盘洋凹陷与陆上长河盆地的第三系长河组地震剖面具良好的可追踪性对比，均为中弱振幅间互、平缓连续可追踪的地震反射波组，为河湖相夹泥沼相的砂、泥岩沉积。故推断陆上长河盆地第三系长河组二、三段的高渗透砂岩储集层往王盘洋凹陷内继续延伸，凹陷内具备第三系长河组高渗透储集层。

王盘洋凹陷晚白垩世沉积时具有东南、西北二个物源区，分布有滨浅湖砂、泥相—较深湖偏泥相沉积，且沉积中心不断往西迁移，发育有三角洲沉积，故砂岩储集层可能比较发育。且地震层序Ⅲ的速度较低，地层较为疏松，物性可能较陆上变好。

(3) 盖层　王盘洋凹陷内的白垩—第三系为河湖砂、泥岩—较深湖偏泥相沉积，盖层主要由泥质岩类组成，其与砂岩不等厚间互，纵横向分布普遍。

(4) 生储盖组合　王盘洋凹陷白垩—第三系地层中的生储盖层在纵向上组成了生储盖间互的二套组合。白垩系组合位于凹陷下部，由上白垩统中上部生油层及其间所夹的储集层组成，油气处于成熟—过成熟演化阶段，可能为原油、凝析油、湿气、干气的组合。第三系组合位于凹陷上部，由长河组二、三段生油层及其所夹的储集层组成，油气可能处于未成熟—

低成熟演化阶段。

*2.运聚条件*

王盘洋凹陷为燕山晚期和喜山早期叠加的断陷凹陷，以块断活动为主，振荡运动频繁，由二凹一隆组成。根据凹陷发生发展的特点及其两岸资料推测，凹陷内可能存在背斜、断块、地层圈闭等运聚条件，其具体圈闭有待于深化勘探和研究落实。

(1) 背斜圈闭　王盘洋凹陷的南北翼和西北翼均为鼻状斜坡带组成，其上发育有众多的鼻状背斜圈闭，其构造格局与长河陆上盆地相似，有利于凹陷内油气的运移和聚集。特别是位于东西次凹间鼻状隆起带上的鼻状背斜圈闭更有利于油气的运移和聚集。

(2) 断块圈闭　由于浙闽含油气盆地的形变以块断活动为主，故断块圈闭比之褶皱圈闭更为发育。王盘洋凹陷作为浙闽含油气盆地的组成部分亦不应例外。

(3) 岩性-地层圈闭　根据地震地层学的研究，王盘洋凹陷内的白垩—第三系地层由河湖砂泥岩相、斜坡滨浅湖偏砂相、较深湖偏泥相等沉积组成。有东南和西北二个物源区，岩性变化大。可能发育有河道砂、三角洲、浊流砂等几种类型的岩性圈闭。

此外，王盘洋凹陷中的白垩—第三系存在 $T_3$ ($J_3$ 与 $K_2$ 间)、$T_2$ ($K_2$ 与 Ech 间)、$T_0$ ($Ech^2$ 与 $Ech^3$ 间) 等三个不整合面，下伏地层剥蚀和上覆地层超覆的现象比较普遍，有利于地层圈闭的形成。特别是 $T_2$ ($K_2$ 与 Ech 间) 不整合面，其下伏主要生油层白垩系地层倾角大、剥蚀层位多，上覆第三系地层倾角平缓、超覆明显，有利于地层圈闭的形成。

*3.保存条件*

王盘洋凹陷内的白垩—第三系由砂、泥岩间互组成，泥质岩类纵横向分布普遍。白垩系除自身的泥质岩盖层外，上覆有第三系长河组的砂、泥岩区域盖层，保存条件良好。

**三、凹陷及其成油气地质条件发展演化**

王盘洋凹陷为燕山晚期 (K) 和喜山早期 (E) 叠加的断陷凹陷，其成油气地质条件的发展演化经历了断陷、坳陷、抬升—剥蚀、披盖等四个阶段。以 H—94 测线（图 4-5-9）为例。

*1.断陷期*

位于晚白垩世早期 ($K_2^1$)，为地震层序Ⅲ的中下部，沉积受断块活动控制。

晚白垩世早期的前期，西次凹在其东侧主断裂的控制下开始形成，为东断西超的断陷。沉积了晚白垩世早期下部地层 ($K_2^1$ 下部)，为地震层序Ⅲ的下部。由于地形高差大、断陷坡度陡，故山麓沉积直接插入滨浅湖中，自东南往西北由斜坡偏砂相、滨浅湖砂泥相沉积组成，最大厚度 2700 米，普遍缺少生油岩系。

晚白垩世早期的后期，西次凹东侧主断裂的活动显著减弱，地形高差变小，凹陷坡度变缓，中心向西迁移，沉积了晚白垩世早期上部地层 ($K_2^1$ 上部)，为地震层序Ⅲ的中部。自东南往西北由三角洲平原偏砂相、三角洲前缘砂泥相、前三角洲—较深湖偏泥相沉积组成，最大厚度约 1760 米。其中三角洲前缘砂、泥相和前三角洲—较深湖偏泥相沉积中均发育有生油岩系，但其顶底界埋深均未进入生油门限深度。可能有生物气的生成。

*2.坳陷期*

位于晚白垩世晚期 ($K_2^2$)，块断活动进一步减弱，以坳陷活动为主。沉积范围不断向西扩大，中心继续向西迁移，凹陷西北部边缘差异上升成为新的物源区。凹陷内沉积了晚白垩世晚期 ($K_2^2$) 的沉积物，为地震层序Ⅲ的上部。由凹陷边缘往中心由滨浅湖偏砂相、较深湖偏泥相沉积组成，最大厚度约 2000 米。其中较深湖偏泥相发育有较厚的生油岩系。

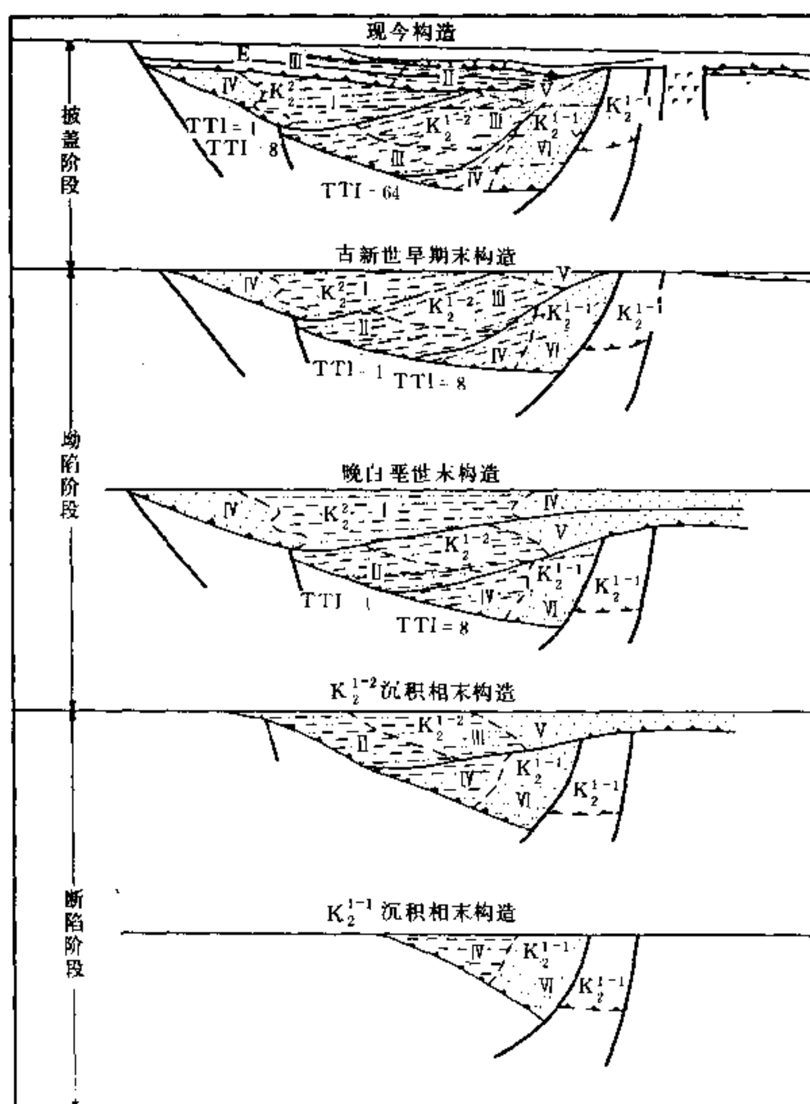



图 4-5-9　上盘洋凹陷 H—94 线构造发育剖面图

Ⅰ—较深湖相；Ⅱ—前三角洲—较深湖相；Ⅲ—三角洲前缘相；Ⅳ—滨浅湖相；Ⅴ—三角洲平原相；Ⅵ—洪积相

晚白垩世早期的后期沉积（$K_2^1$ 上部），即地震层序Ⅲ中部生油岩系底界埋深递增为3200米左右。经计算生油门限深度为2000～2700米，生油高峰开始深度在3000～3500米左右。故推测白垩系（$K_2$）有部分生油岩进入成油期，开始油气的运移。其间的浊流、河口等砂岩坝体有利于岩性油气藏的形成，但由于进入生油门限深度的生油岩厚度不大，时间不长，故还不是主要成油期。

*3.抬升—剥蚀期*

位于晚白垩世末—早第三纪早期（$K_2$ 末—E 早）。凹陷受晚期燕山块断运动（$K_2$ 末）影响而受挤压、抬升和剥蚀，形成东西二个凹陷及其南北翼和西北翼的鼻状斜坡带，发育有鼻状背斜、断块等圈闭，剥蚀厚度400～1200米。

由于地层的抬升和时间的补偿作用，经计算生油门限深度上升至900～2200米，生油高

峰开始深度上升至1600～2900米。据此推测，晚白垩世早期的后期沉积，即地震层序Ⅲ中部三角洲前缘砂、泥相和前三角洲～较深湖偏泥相中的大部分生油岩（$K_2^1$上部）及晚白垩世晚期较深湖偏泥相中的少部分生油岩（$K_2^2$）均已进入成油期，进入成油期的生油岩体积及油气运聚规模扩大。早期形成的浊流砂体、河口沙坝等岩性圈闭和鼻状背斜、断块等构造圈闭有利于油气的运移和聚集，为白垩系（$K_2$）油气藏形成的主要时间。由于生油门限深度之上分布有晚白垩世晚期（$K_2^2$）的较深湖偏泥相沉积，亦有利于油气的保存。

*4.披盖期*

位于早第三纪（Ech），凹陷以坳陷活动为主。凹陷基本保持了晚白垩世晚期（$K_2^2$）的沉积范围，中心明显向东迁移。凹陷内沉积了早第三纪长河组（Ech）沉积，为地震层序Ⅱ和Ⅰ。自西而东由三角洲前缘偏砂相、前三角洲—较深湖偏泥相夹火山岩的沉积组成，披盖于白垩纪（$K_2$）凹陷之上。晚第三纪（N）时凹陷再次抬升剥蚀，但对早第三纪（Ech）沉积的剥蚀不大，其残留最大厚度为1300米，其中前三角洲一较深湖偏泥相发育有生油岩系。

晚白垩世早期的后期沉积（$K_2^1$上部）即地震层序Ⅲ中部生油岩系底界和晚白垩世晚期沉积（$K_2^2$）即地震层序Ⅲ上部生油岩系底界最大埋深分别为4200米和1700米。经计算，生油门限深度约1700～2000米，生油高峰开始深度约2500～2700米，生油过成熟开始深度约3400～3800米。据此推断，地震层序Ⅲ中部（$K_2^1$上部）生油岩系中的绝大部分生油岩和地震层序Ⅲ上部（$K_2^2$）生油岩系中的少部分生油岩进入成油期，部分进入生油高峰，少部分进入过熟成油期。成油期的生油岩体积和油气运聚规模进一步扩大。白垩纪（$K_2$）沉积及其末期晚期燕山运动所形成的浊流砂体、河口沙坝、鼻状背斜、断块等岩性、构造圈闭有利于油气藏的形成。同时由于早第三纪（Ech）沉积的披盖，在白垩系与第三系（$K_2$与Ech）的不整合界面上利于地层油气藏的形成。为白垩系（$K_2$）油气藏形成的又一主要时期。由于白垩系（$K_2$）之上保存有下第三系（Ech）1300余米的前三角洲—较深湖偏泥相沉积，故白垩系（$K_2$）油气的保存条件良好。

早第三纪（Ech）前三角洲—较深湖偏泥相生油岩系最大埋深约1300米，其油气可能处于未成熟—低成熟阶段。

**四、初步认识和评价:**

王盘洋凹陷为燕山晚期（$K_2$）和喜山早期（Ech）叠加的断陷，发育有白垩系（$K_2$）、下第三系（Ech）等2套生储盖组合。其中白垩系（$K_2$）组合具备较好的生储盖组合，成熟生油岩分布面积305平方公里，生油量8.13亿吨，聚集资源量0.49～0.81亿吨；浊流砂体、河口沙坝、鼻状背斜、断块、不整合面等岩性、构造、地层圈闭有利于油气藏的形成；披盖的下第三纪（Ech）沉积有利于白垩系（$K_2$）油气的保存；生储运聚保等石油地质配套条件较好；为具备油气勘探远景的组合。下第三系（Ech）组合虽有生油岩系及其良好储集层配套的生储盖组合，但由于其埋深较浅，故油气处于未熟—低成熟阶段，可能有生物气的形成。

王盘洋凹陷为杭州湾水域中具备油气勘探远景的地区，但其勘探程度低。应以白垩系为重点，并兼探第三系，加快杭州湾海域的勘探。

## 第六节 举岚盆地

举岚盆地位于闽西北中部，面积约150平方公里。为燕山早期（$J_3b$）断坳陷盆地和燕山晚期（K）火山盆地的叠加盆地，勘探目的层为坂头组（$J_3b$）。

盆地于1971年进行了1／5千地质详查；1973年进行了钻探。共钻浅井19口，总进尺11634.06米，16口井见油气显示。试油井3口，举1井捞获原油2.386立方米；举9井捞获原油1.665立方米，并见气显示；举7井见气显示。未获工业油气流（图4-5-10）。

### 一、地质构造特征

*1.盆地基底*

举岚盆地为燕山早期（$J_3b$）的断坳陷盆地，北东向展布。基底由南园组（$J_3n$）火山岩组成。盆地基底出露于盆地东北缘，盆地内部则埋于地腹，埋深东北浅，西南深。

*2.地层*

盆地的地层主要由坂头组（$J_3b$）组成，厚度781.02米，盆地东北部广泛出露，盆地西南部该组上覆有白垩系石帽山群（$K_1sh$），厚度573米。

坂头组由碎屑岩夹火山岩建造组成，为河流相，湖相夹喷发相沉积。自下而上由四段组成。

坂一段（$J_3b^1$）　灰白色、灰黑色砂砾岩、细砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩，局部夹暗紫红色岩类，以山麓堆积相和河流相为主，局部具湖沼相、喷发相。厚度210.5米。盆地东部和北部边缘出露。

坂二段（$J_3b^2$）　灰色、灰黑色砂砾岩、砂岩与粉砂质泥岩、泥岩互层。为河流相—湖相或河漫滩相沉积。厚度198.2米。盆地东部和西部边缘出露。

坂三段（$J_3b^3$）　灰色泥岩，泥质、灰质粉砂岩。为湖相沉积。厚度194.7米。盆地中部和西部局部地区出露。

坂四段（$J_3b^4$）　灰白色砂砾岩、砂岩夹灰色粉细砂岩。为河流相沉积。厚度177.5米。盆地中部局部地区和西南部出露。

石帽山群（$K_1sh$）由碎屑岩—火山岩建造组成。下部由紫红色复成分砂砾岩组成，厚38米。中上部自下而上由灰黑色块状玄武岩夹石英安山岩、灰紫色凝灰熔岩及流纹岩组成。盆地西南部广泛出露。

*3.构造*

盆地为南西倾块断状单斜盆地，根据统计，坂头组（$J_3b$）出露区内共有33个大小断块组成。地层层位由东北往西南由坂一段—石帽山群（$J_3b^1$—$K_1sh$）依次分布。地层倾角25°～62°。

*4.断层*

盆地断裂非常发育。分布有北东向、北北东向、北西向、近东西向等四个组系，以正断层为主。不同组系断裂间相互关系清楚，北东向组系形成最早，其次为北西向，再次为北北东向，近东西向断裂形成较晚。

*5.岩浆活动*

坂头组盆地的岩浆活动不甚发育，仅在成盆早期坂一段（$J_3b^1$）沉积时局部见有喷发活动，由含凝灰质的碎屑岩组成，未见侵入岩。石帽山群盆地的岩浆活动发育，以喷发为主，

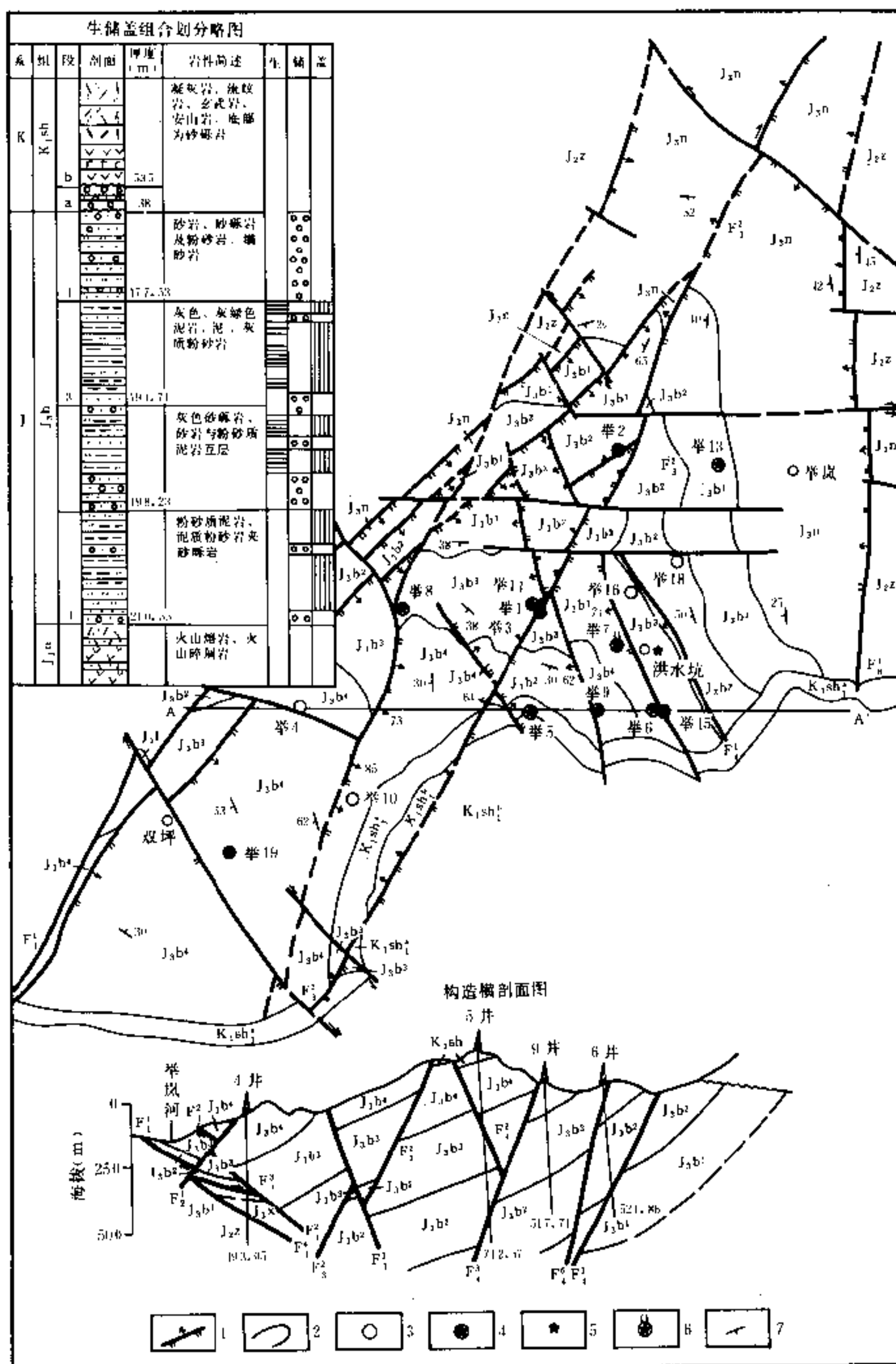


图 4-5-10　举岚盆地油气勘探成果图

1—断层；2—地层界线；3—浅井；4—钻孔油苗；5—地面油苗；6—钻孔油气苗；7—地层产状

由酸性晶屑凝灰熔岩、流纹岩、玄武岩等组成，局部见有侵入岩体。

## 二、石油地质条件

### *1.*生储盖层及其组合条件

(1) 生油层　盆地生油层主要位于坂二—坂三段，由灰黑色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩组成，总厚度 292.5～447.6 米。有机碳含量 0.158～0.703%；氯仿沥青"A"含量多数为 0.026～0.073%（表 4-5-5)。

**表 4-5-5　举岚盆地坂头组生油岩数据表**

| 层　段 | 岩　　性 | 厚度(m) | 有机碳（%) | 氯仿沥青"A"(%) |
|---|---|---|---|---|
| $J_3b^4$ | 灰黑色泥质粉砂岩 | 4.4～15.4 | 0.158 | 0.0012 |
| $J_3b^3$ | 灰黑色泥岩、粉砂质泥岩 | 165.5～179.27 | 0.561 | 0.026 |
| $J_3b^2$ | 灰黑色泥岩、粉砂质泥岩 | 66.4～150.8 | 0.464 | 0.073 |
| $J_3b^1$ | 灰黑、灰黑色泥岩、泥质粉砂岩 | 55.9～84.3 | 0.703 | 0.033 |
| $J_3b$ |  | 292.5～447.6 | 0.158～0.703 | 0.0012～0.073 |

盆地油气显示普遍，见有 1 处地面油苗和 16 口显示井。经强化试油，在举 1、9 井共捞获原油 4.051 立方米（表 4-5-6)。

**表 4-5-6　举岚盆地坂头组主要油气苗概况表**

| 名称 | 位置 | 井深(m) | 层位 | 岩　性 | 产状 | 试　油 | 理　化　性　质 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 洪水坑 | 断裂带 | 地面 | $J_3b^2$ | 砂　岩<br>砂砾岩 | 裂隙油苗 |  | 相对密度 0.864，粘度 17.11，饱和烃 79.89，芳香烃 3.91，非烃 15.64，沥青质 0.56，含蜡 10.79 |
| 举1井 | $F_3^2$ 断裂带 | 139.80～293.98 | $J_3b^3$ | 泥岩、粉砂质泥岩夹粉砂岩 | 裂隙孔隙含油 | 经酸化井深 141.76～158.36 米捞获原油 2.386 方 | 相对密度 0.8513，粘度 13.19，饱和烃 69.51，芳香烃 6.10，非烃 25.18，含蜡 22.02，沥青质 0.8 |
| 举7井 | 断裂带 | 321.60～353.69 | $J_3b^2$ | 砂砾岩、砂岩夹粉砂岩 | 油花冒气 | 经试油燃烧火焰高 1.70 米 | 饱和烃 68.75，芳香烃 6.24，非烃 22.67，沥青质 2.34 |
| 举9井 | 断裂带 | 337.40～457.05 | $J_3b^3$<br>\|<br>$J_3b^2$ | 砂岩、<br>砂砾岩、<br>含砾砂岩 | 油浸砂岩孔隙油斑油迹冒气 | 经喷砂压裂射孔试油捞获原油 1.665 方 | 1.原油：相对密度 0.8144，粘度 5.83，含硫 0.26，含蜡 23.86，饱和烃 73.78，芳香烃 13.3，非烃 12.92<br>2.气：比重 1.014；氮 64.51，甲烷 10.77，乙烷 2.41，重烃 24.72～27.94 |

(2) 储集层　盆地储集层由坂头组（$J_3b$）的砂岩、砂砾岩、含砾砂岩等组成，厚度 208.1～444.3 米。孔隙度 0.66～11.57%，平均 4.1～6.8%；渗透率 0～33.80×$10^{-3}$ 二次方微米，平均 0.0691～1.333×$10^{-3}$ 二次方微米（表 4-5-7)。

(3) 盖层　盆地盖层由坂头组的泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩组成，多数为生盖同层，主要发育于坂三段。

(4) 生储盖组合　盆地内坂头组的生油层、储集层、盖层在纵向上组成了生储盖间互的组合，主要组合段位于坂二—三段。生储盖层均比较发育，生盖合一，储集层渗透率低，属低渗透储集层。

2.运聚条件

盆地为断块状单斜盆地，褶皱构造不发育，未见背斜构造，主要发育断层及其断块构造，在坂头组出露范围内，分布有33个大小断块，为盆地油气的主要运聚条件。盆地的断层带及其断块构造普遍见有油气显示，洪水坑、举1井、举7井、举9井等主要油气苗均位于不同组系的断裂带上。如$F_3^2$断裂，为北东向逆断层，走向30°、倾向北西、倾角65°，长4公里、断距200米。位于该断裂带上的举1井井深139.80～293.98米坂三段裂隙含油，经测试捞获原油2.386立方米。举7井则位于北北西向的正断裂带上，井深321.0～321.90米、350.79～353.67米坂头组孔隙含油、裂隙含气。

**表4-5-7　举岚盆地坂头组储集岩数据表**

| 层段 | 岩　性 | 厚度(m) | 孔隙度(%) | | | 渗透率($10^{-3}\mu m^2$) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 |
| $J_3b^4$ | 灰色砂岩、砂砾岩 | 58.8～161.36 | 10.31 | 4.11 | 6.801(7) | 0.32 | 0 | 0.069 |
| $J_3b^3$ | 灰白色中粒砂岩 | 14.4～17.0 | 8.92 | 0.69 | 4.082(37) | 33.80 | 0 | 1.333 |
| $J_3b^2$ | 灰白色砂砾岩、含砾砂岩、砂岩 | 80.3～134.8 | 11.57 | 0.66 | 5.626(138) | 0.33 | 0 | 0.189 |
| $J_3b^1$ | | 54.5～131.1 | 5.57 | 4.13 | 4.94(2) | | 0 | |
| $J_3b$ | | 208.1～444.3 | 5.57～11.57 | 0.66～4.13 | 4.082～6.801 | 0.32～33.80 | 0 | 0.069～1.333 |

3.保存条件：

盆地东北部勘探目的层坂头组均已出露地表，特别是坂二—三段主要层段已在大部分地区出露，加之以正断层为主的多组断裂发育，保存条件较差。但由于坂头组的泥质岩比较发育，砂岩的渗透率低，故在局部断裂带及其断块上仍残存有局部的保存条件。举1井位于$F_3^2$逆冲断层带上盘，地表第四系6.8米以下为坂头组目的层，146米（$J_3b^3$）处捞获有少量原油，地表无油气显示，说明逆冲断裂和坂三段139.12米厚的泥、砂岩间互层对油气仍有一定的保存作用。

### 三、初步认识和评价

举岚盆地为块断状单斜盆地，具备一定的生油条件，但储集层物性、运聚和保存条件较差，缺乏工业油气藏形成的条件。加之面积较小，坂头组目的层已有一定的勘探程度，故油气勘探远景较小。

## 第七节　煤山向斜

煤山向斜位于浙江北部，为印支运动形成的褶皱向斜，上覆有侏罗系盆地。二叠系分布面积约56.13平方公里，主要勘探目的层为二叠系（P）。

1959～1961年对该向斜进行了地质、浅钻、试油勘探；1971～1973年进行了浅钻勘探；1984～1985年进行了地震勘探和油气资源评价。共完成地震测线249.10公里，其中多次覆盖剖面为151.10公里；钻井29口，其中中深井1口，总进尺21747.76米；试油井6口，试油巷道3条。油气显示极为普遍，在2口浅井和3条巷道中捞获过原油，据不完全统

计，巷道内捞获原油总量在61134.75公斤以上，未获工业油气流。(图4–5–11)。

## 一、地质构造特征

煤山向斜为扬子地台上的一个印支褶皱向斜，其基底由元古界（Pt）浅变质的火山岩、火山碎屑岩、沉积岩间互组成。

*1.地层*

煤山向斜由元古界（Pt）基底以上的震旦系—下三叠统海相地层和上覆侏罗系陆相地层组成，主要勘探层系为浅层二叠系—下三叠统（$P—T_1$）。二叠系（P）以下层系尚未进行勘探。

(1) 二叠系（P）　由含硅碳酸盐岩夹含煤碎屑岩建造组成，为碳酸盐岩台地、浅海盆地夹滨岸碎屑岩台地～海陆过渡相区带沉积，厚度848米。自下而上为：栖霞组、孤峰组、龙潭组、长兴组。

栖霞组（$P_1q$）　由灰黑色沥青质微晶灰岩夹燧石灰岩、燧石层、钙质页岩、泥质灰岩组成，厚约187米。碳酸盐岩台地沉积，为主要生储层。

孤峰组（$P_1g$）　由灰黑色砂质页岩、硅质页岩夹燧石层、细砂岩组成，厚约96米。为浅海盆地沉积，为主要生油层。

龙潭组（$P_2l$）　由灰黑色泥页岩、砂质泥页岩夹细砂岩、煤层间互组成，厚约500米。为滨岸碎屑岩台地—海陆过渡沉积，为主要生储层。

长兴组（$P_2ch$）　由灰黑色薄—中层状石灰岩组成，厚约65米。为碳酸盐岩台地沉积，为主要生储层。

(2) 下三叠统青龙群（$T_1qn$）　由灰色、灰黄色泥质灰岩、泥灰岩夹石灰岩、鲕状灰岩组成，残存厚度约690米。为碳酸盐岩台地沉积，为次要生储层。

中三叠统（$T_2$）由于中三叠世末印支运动的构造抬升而已剥蚀殆尽。

(3) 侏罗系（J）　为上覆于二叠、三叠系（$P—T_1$）之上的陆相沉积，仅分布于向斜西南部轴部，为泥、砂岩建造，厚度约1000米。由象山群（$J_{1-2}xn$）和温塘群（$J_{2-3}wn$）组成。象山群由灰黑色砂质页岩、页岩夹浅灰色细砂岩间互组成，厚度450米。温塘群由紫红色页岩、砂质页岩夹中粗粒石英砂岩组成，厚度500米。

*2.构造*

煤山向斜为西北翼局部倒转的块断状不对称复式向斜，呈北东东向展布。地表由栖霞组—青龙群组成；地层倾角45°～60°，西北翼局部倒转；向斜轴线偏于西北部。向斜西南部轴部上覆有侏罗系陆盆，为一残存向斜盆地，轴线较二叠、三叠系向斜往东南偏移。向斜为断层切割成断块状，其以向斜轴部和西北翼为最发育。

*3.断层*

煤山向斜内的断裂极为发育，可达近百条。发育有北东、北东东、北西等组系。北东、北东东向断裂主要形成于印支期，其中北东东向断裂主要由倾向北北西的正断层组成，长度1.8～5公里，断距30～140米，倾角50°～70°，形成最早；北东向断裂主要由倾向北西的逆断层组成，长度6～30公里，断距48～2000米，倾角20°～80°，个别断裂带宽度可达110～150米，其形成晚于北东东向断裂。北西向断裂主要形成于燕山期，由正断层、逆断层组成，断面倾向东北部以北东为主，西南部以南西为主，长度1.5～3公里，断距50～250米，倾角60°～85°。

向斜内不同时期发育的不同组系、不同性质的众多断裂，将向斜切割成众多断块，构造

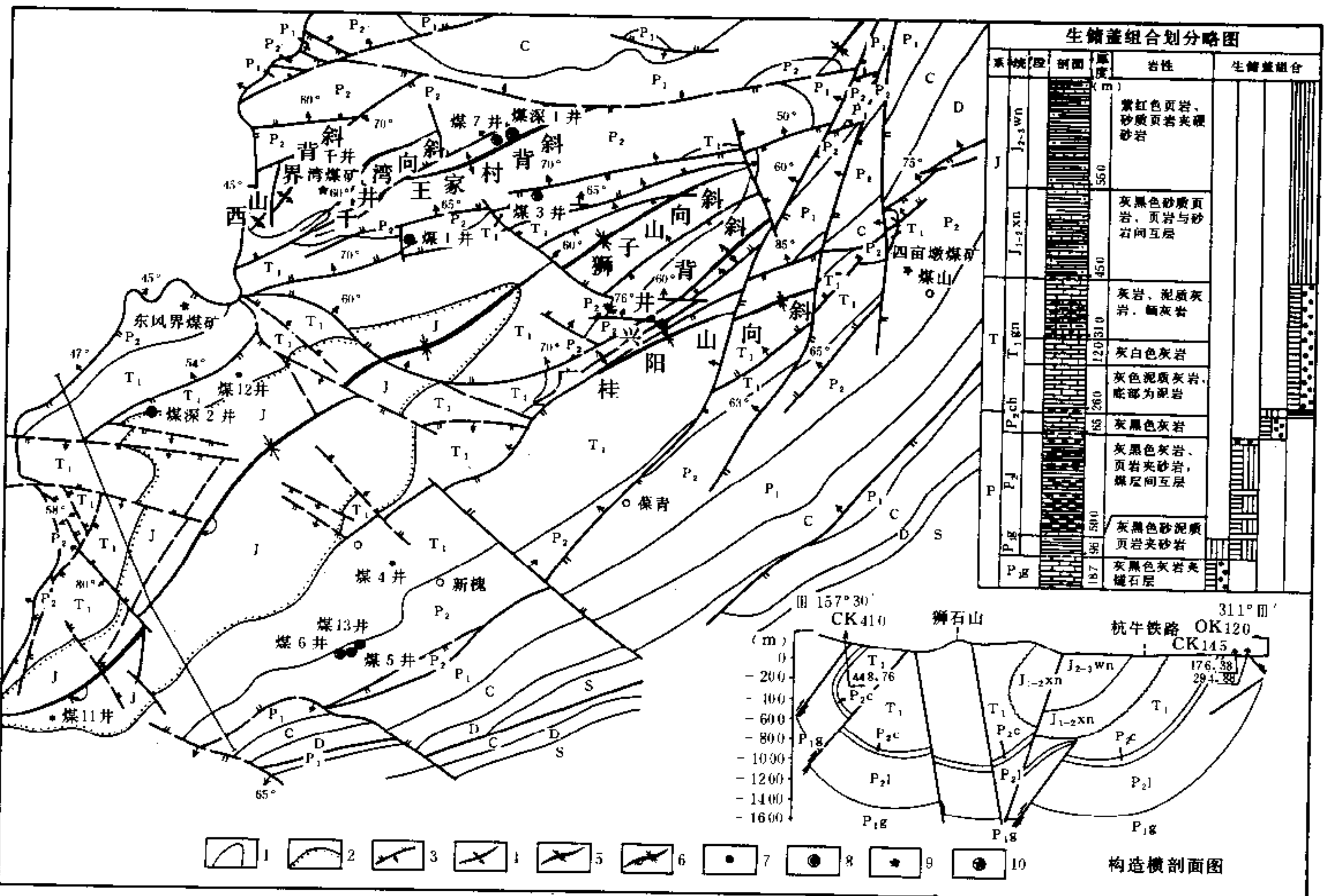



图 4-5-11 煤山向斜油气勘探成果图

1—地层界线；2—超覆地层界线；3—断层；4—背斜轴线；5—向斜轴线；6—倒转；7—浅井；8—中深井；9—地面油苗；10—钻孔油苗

较破碎。

*4.岩浆活动*

向斜岩浆活动比较微弱。岩浆喷发活动仅见于长兴组下部，由玻屑凝灰岩组成，厚仅0.3米。岩浆侵入活动位于燕山晚期，主要有5处侵入于龙潭煤系，呈岩脉、岩株产出，由安山岩、流纹岩、闪长玢岩、辉绿岩等组成。

**二、石油地质条件**

*1.生储盖条件*

(1) 生油层　煤山向斜的生油层由二叠系的栖霞组、孤峰组、龙潭组、长兴组；下三叠统青龙群等5个组群的石灰岩、泥质岩组成，二叠系生油岩总厚度485米。有机碳平均含量0.28～2.22%，氯仿沥青"A"平均含量0.025～0.065%，烃含量平均值125～467ppm。有机质类型由腐泥、腐植-腐泥、腐植型等几种类型组成。生油岩处于成熟—过成熟演化阶段，以成熟—高成熟为主，油气苗分布普遍。

(2) 储集层　煤山向斜的储集层由二叠系的栖霞组、龙潭组、长兴组；下三叠统青龙群等四个组群的碳酸盐岩和砂岩组成。

栖霞组储集岩由石灰岩组成，平均孔隙度1.03%，渗透率$<0.05\times10^{-3}$二次方微米。主要储集空间为裂隙和溶孔。

龙潭组储集岩由砂岩组成，主要位于中、下部。中部分布有5层较为稳定的砂岩（中$_{1-5}$），以中$_1$、中$_2$为最好，孔隙度5.85～5.92%，个别>10%，渗透率$<1\sim2.7\times10^{-3}$二次方微米，主要储集空间为粒间孔和溶孔。下部分布有4层较为稳定的砂岩（下$_{1-4}$），以下$_1$、下$_2$为较好，平均孔隙度5.63～6.67%。

长兴组储集岩由石灰岩组成，孔隙度0.19%，渗透率$<0.05\times10^{-3}$二次方微米。主要储集空间为裂隙、晶洞。

青龙群储集岩由石灰岩组成，局部含粗粒结构。主要储集空间为裂隙、晶洞。

(3) 盖层　煤山向斜的盖层由二叠系的孤峰组、龙潭组、下三叠统青龙群底部等三个组群的泥质岩组成。组成盖层的泥质岩亦为生油岩，为生盖合一的泥质岩类。

(4) 生储盖层组合　煤山向斜内的5套生油层、4套储集层、3套盖层及上覆侏罗系在纵向上组成了栖霞组—孤峰组、孤峰组—龙潭组、长兴组—青龙群、青龙群—侏罗系等四个生储盖组合。

*2.运聚条件*

煤山向斜的运聚条件由岩性圈闭、断块构造、背斜构造、推覆构造等组成。

(1) 岩性圈闭　岩性圈闭由龙潭组中、下部砂岩透镜体组成，共有10多层主要砂岩。这些砂岩发育于前三角洲—三角洲前缘、三角洲平原等沉积相带，岩性及厚度变化比较大，多数呈透镜状岩性圈闭。中$_1$和中$_2$砂岩各自分布有7个和9个透镜体，在各个透镜体中，形成有不同粒级的次一级岩性圈闭（图4-5-12）。

石油普查和煤田勘探的大量资料证实，龙潭组中的砂岩透镜体普遍含油，为岩性圈闭油藏。但由于油层物性差、多数属超低渗透油层，仅在粒级为中—粗粒的低渗透油层中产出少量原油。粒级为中—粗粒的龙中$_1$和龙中$_2$油层，厚度4.05米，孔隙度5.85～5.92%，渗透率大于$1\sim2.7\times10^{-3}$二次方微米，其中渗透率大于$1\times10^{-3}$二次方微米的分析样品数占26%，为龙潭组中最好的油层，历年来在采煤巷道和钻孔岩芯中多处流油。四亩墩煤矿四号井北大巷-196米四道石门在1933年打开后流油，持续近二年，最高日流量达100余公

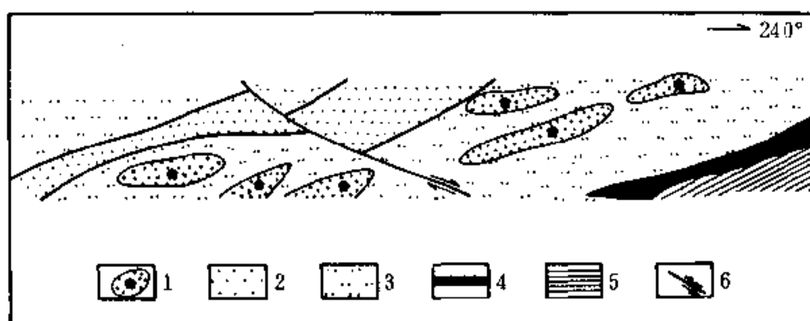



图 4-5-12 新槐煤矿东大巷—100 米左壁中$_3$砂岩体素描图

1—中粗粒油浸砂岩凸镜体；2—细砂岩；3—粉砂岩；4—碳质页岩夹煤线；5—黑色页岩；6—断层

斤。东风乔煤矿东大巷-197 米石门自 1965 年打开至今，渗油冒气不止，-400 米巷道目前尚有 2 处每日捞油近 100 公斤，千井湾煤矿-200 米巷道试油捞获 90.35 公斤原油．CK609 孔试油曾获原油 28 公斤。

龙潭组砂岩储集层的物性及其含油性的好坏主要受砂体粒级的控制，即粒级越粗、物性及其含油性越好。粒级越细，物性及其含油性越差；粗—中粒砂岩具有较好的孔渗条件及含油性，属中等储集层，为煤山向斜最有希望获得工业油流的砂岩储集层。龙潭组中的粗—中粒砂岩主要分布于龙中段（$P_2$l 中）和龙下段（$P_2$l 下），而以龙中段为主。龙中段（$P_2$l 中）中则以上部中$_1$和中$_2$砂岩为最好，为龙潭组油气勘探的主要目的层（图 4-5-13）。

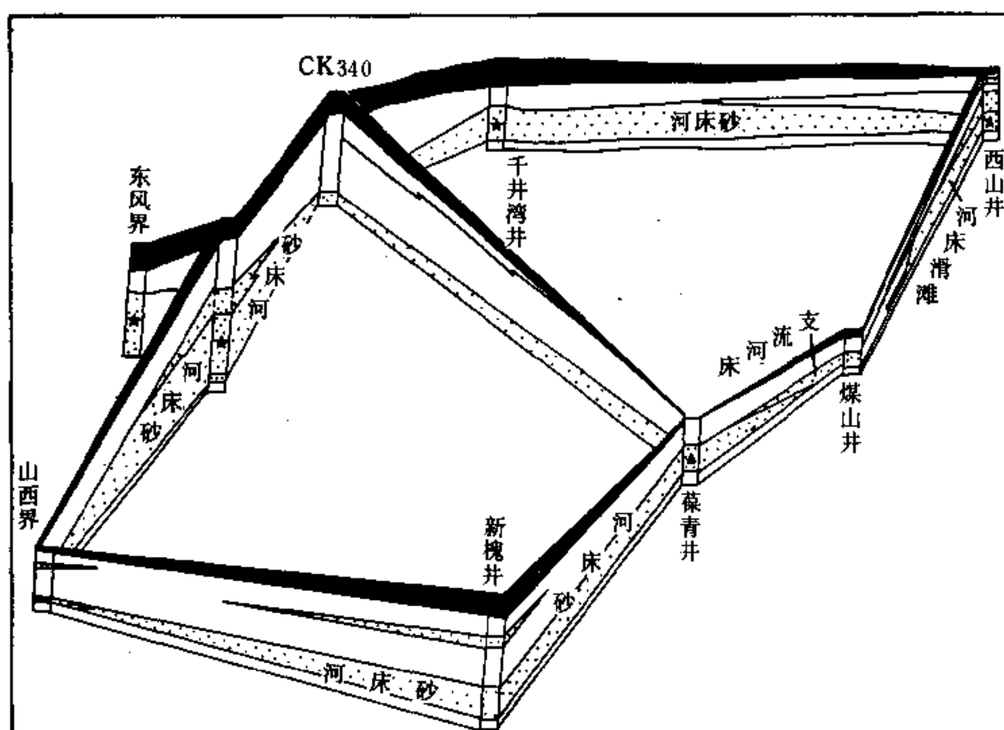



图 4-5-13 龙潭组（$P_2$l）中$_{1-2}$油层岩相栅状图

裂缝储渗空间在龙潭组砂岩岩性油藏中分布比较广泛，绝大部分被（铁）方解石充填，

在煤矿坑道中尚见有未被充填的裂缝。无论肉眼观察、荧光薄片鉴定，裂缝中均有含油显示，其显示级别往往高于其所在层位的含油砂岩，裂缝含油显示好坏亦与其砂岩粒级有关，其在粉细粒含油砂岩中含油甚微、渗油较差，为油浸显示；在粗—中粒含油砂岩中含油甚多、渗流较好，为油流显示，东风岕、千井湾等采煤巷道中粗—中粒含油砂岩中具有较高自然油流的流点均与裂缝有关。龙潭组不同粒级含油砂岩中裂缝含油的差别与油气初次运移前砂岩油气渗流有效孔隙的演化有关。粗—中粒含油砂岩油气渗流的有效孔隙虽在油气初次运移前已有消失，但由于其在成岩作用中抗压溶能力强、故在油气初次运移前仍保持了较多的粒间孔隙并形成少量溶孔，具有较好的孔渗性、孔隙含油较多，形成裂缝含油也甚多。

(2) 断块构造　断块构造在向斜内十分发育，由不同组系、不同性质的断层断切而成，以向斜西北翼和东北端为最发育，地腹面貌因缺乏资料而尚不清楚。

(3) 背斜构造　煤山向斜为推覆构造复杂化了的复向斜，主向斜轴两侧分布有王家村、西山岕、广兴井等背斜。

王家村、西山岕背斜位于主向斜轴西北翼，地表均由龙潭组煤系地层组成，由北东往南西倾伏。其中王家村背斜为西北翼背斜带中的主要背斜，其东北端为 $F_{12}$ 断层所截、西南端倾伏明显。背斜长约 3.5 公里，宽 0.5 公里；两翼地层倾角 30°～40°，局部可达 62°。地腹构造面貌不清。

广兴井背斜位于主向斜轴东南侧近轴部，介于狮子山与桂阳山向斜之间，为东南翼的主背斜，呈南西向展布。背斜为由北东往南西倾伏的鼻状背斜，延伸长度 5 公里以上，宽 1.1～1.4 公里。西北翼倾角 50°～55°，西南端倾没角 55°。背斜为北东向、北西向等多条断层所切成断块状，但背斜轮廓比较清楚，为煤山向斜内的主要背斜，背斜地腹面貌不清。经分析，广兴井背斜为煤山向斜内获得油气最有希望的背斜构造。

(4) 推覆构造　推覆构造位于向斜西北缘青川断裂带，其为印支运动形成、燕山期几经活动的逆掩～逆冲断裂带。断层走向为北北东向，长度 30 公里，宽度 150 米；断面倾向北西西，倾角 20°～55°，一般 40°～50°。断裂带上盘为志留系 (S)；下盘为二叠系—下三叠统，地层局部倒转。

*3.保存条件*

煤山复向斜二叠系—下三叠统的 4 个生储盖组合在其两翼和东北端均已不同程度的剥蚀或出露，加之断裂发育，保存条件较差。向斜轴部广大地区，除青龙群组合剥露外，二叠系的三个组合均不同程度的埋于地腹，保存条件变好。煤矿勘探资料证明：凡有龙潭煤系 ($P_2l$) 分布的地区，由于泥页岩夹砂岩、煤层的间互层发育，对龙潭煤系及其以下的生储盖组合均具有保护作用，具备良好的保存条件。

**三、初步认识和评价**

煤山向斜为浙西海相区块内的一个复向斜，二叠、三叠系具备较好的生油和保存条件；砂岩透镜体、断块、背斜、推覆构造等多种勘探领域；储集层物性较差；龙潭组业已发现低渗透岩性油藏；为具备油气勘探远景的向斜。震旦系—志留系深埋地腹，为可能具备一定油气勘探远景的深层勘探领域。

向斜中的二叠、三叠系已经过一定的浅钻勘探，但缺乏地震和中深钻勘探。向斜轴部勘探程度低，应为二叠、三叠系深化勘探评价的重点地区。

# 第六章　古　油　藏

古油藏系指形成于下古生界的油气藏，分布于扬子地台东南缘的江南隆起带周缘，称之谓江南古油藏带。浙皖位于江南古油藏带东段，为古油藏带重要组成部分。浙皖境内的下古生界古油藏主要由石油热演化的衍生物、古油藏破坏的残留物质碳沥青组成。其不仅为区内有机能源矿产的组成部分，并对认识下古生界油气分布规律，在具备保存条件的地区寻找下古生界天然气藏具有指导意义。主要分布有浙江泰山、康山和安徽太平等古油藏。

## 第一节　泰山古油藏[1]

泰山古油藏位于浙西北杭州市西约 30 公里，余杭、临安、富阳等三县交界地区。为受古构造控制的古背斜油藏，面积约 200 多平方公里（图 4–6–1）。

**一、地质构造简况**

泰山古油藏位于钱塘坳陷南翼，为印渚埠—东辉加里东古凸起带上的一个古背斜、龙源头—印渚埠印支复背斜带上的一个背斜褶皱构造。其西北侧和东南侧由寒武系（∈）地层组成的向斜分别与白石桥和大朗山背斜相望，组成多背斜平行排列的复式背斜。

背斜褶皱轴部出露雷公坞组（$Z_1l$）—西峰寺组下段（$Z_2xa$）；两翼为西峰寺组上段（$Z_2xb$）—寒武系（∈）。背斜褶皱呈北东向展布，为高陡线型倒转背斜，西北翼地层倾角 76°～85°，东南翼及其轴部地层倾角为倒转 60°～65°，轴面向北西倒转。背斜褶皱西南段为北西西向逆断层所切，东北端为第四系（Q）覆盖。

**二、古油藏地质特征**

*1.碳沥青*

为泰山古油藏破坏的残留物质、石油热演化的衍生物，古油藏内广泛分布，呈层状、块状、脉状产出。碳沥青为黑色、亮黑色，无嗅、无味，摩氏硬度 3～4 级，相对密度 1.7226，性脆，贝壳状断口，玻璃—金刚光泽，表面呈光滑的圆珠状；不易燃烧，加热至 800℃才变红，无焰；不溶或微溶于有机溶剂，一级荧光沥青；氢元素含量 2.11～4.42%，碳元素含量 90.18～93.16%，氧元素含量 4.42%；碳质颗粒反射率 $R_o$ 为 13.83%，相当 $R_o$2.5%，相当无烟煤变质阶段。经红外光谱和 X 光晶体分析，物质成分及分子结构具有石油沥青特点，由石油有机质组成。

*2.油源*

泰山古油藏的油源，主要来自古油藏所在的印渚埠—东辉古凸起及其西北侧的德清—昌化深凹陷和东南侧的富阳—华埠深凹陷，其生油岩由上震旦统—下寒武统（$Z_2$—$∈_1$）的暗色泥岩和碳酸盐岩组成，总厚度可达 420 多米。

*3.储集层*

泰山古油藏的碳沥青储集于上震旦统—下寒武统碳酸盐岩和砂岩的粒间孔、晶间孔、生

[1]参阅徐克定，余杭泰山古油藏，1986。

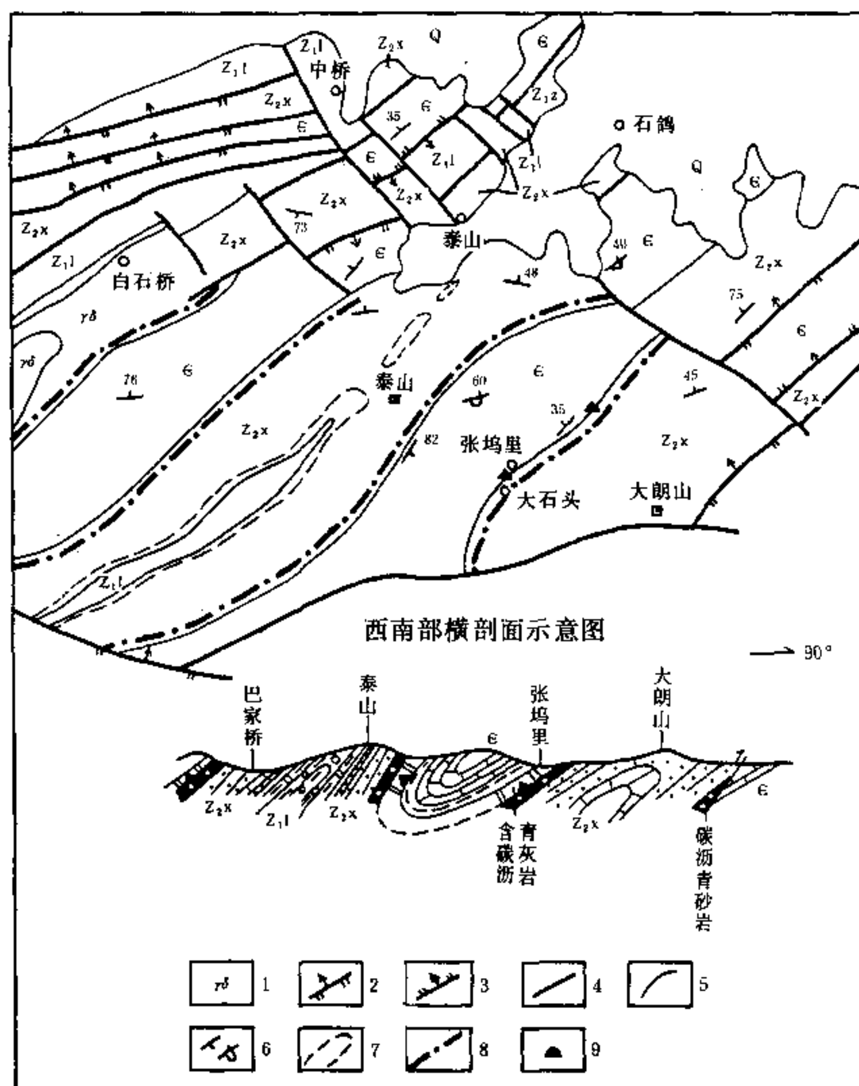



图 4–6–1 泰山古油藏地质图

1—花岗闪长岩；2—逆断层；3—正断层；4—断层；5—地质界线；6—产状；7—石煤层；8—沥青砂岩；9—珠状碳沥青

物骨架孔、缝合线、层间缝、裂隙等各类空间。碳酸盐岩储集层由砂屑角砾白云岩、重结晶亮晶砂屑白云岩、条带状砂屑白云岩、含灰质粉细晶白云岩、坍积角砾状灰质白云岩、叠层石白云岩、重结晶粉细晶白云岩、含陆源砂叠层石白云岩等白云岩岩类组成，累计厚度近百米，最大面孔率可达 22%，碳沥青主要分布于西峰寺组（$Z_2x$）中、上部的粗结构岩类和顶部的礁块岩中（图 4–6–2）。砂岩储集层由石英砂岩、石英长石砂岩、泥质砂岩等组成，共 4～5 层，累计厚度 50 米以上，石英砂岩镜下面孔率可达 16%，其中碳沥青砂岩有 3～4 层，分布于西峰寺组（2～3 层）和荷塘组（1 层）（图 4–6–3）。因长期受构造、热力等作用，成岩后生作用极为强烈，储集层物性变得很差。砂岩孔隙度仅 4.17～0.13%，渗透率 $2.65\sim0.13\times10^{-3}$ 二次方微米；碳酸盐岩孔隙度 0.36～5.10%，渗透率小于 $0.05\sim0.86\times10^{-3}$ 二次方微米。

*4.盖层*



图 4-6-2　含碳沥青藻白云质灰岩

为岩石光面，碳沥青分布在方解石脉和藻纹层中，呈不规则团块和球珠状

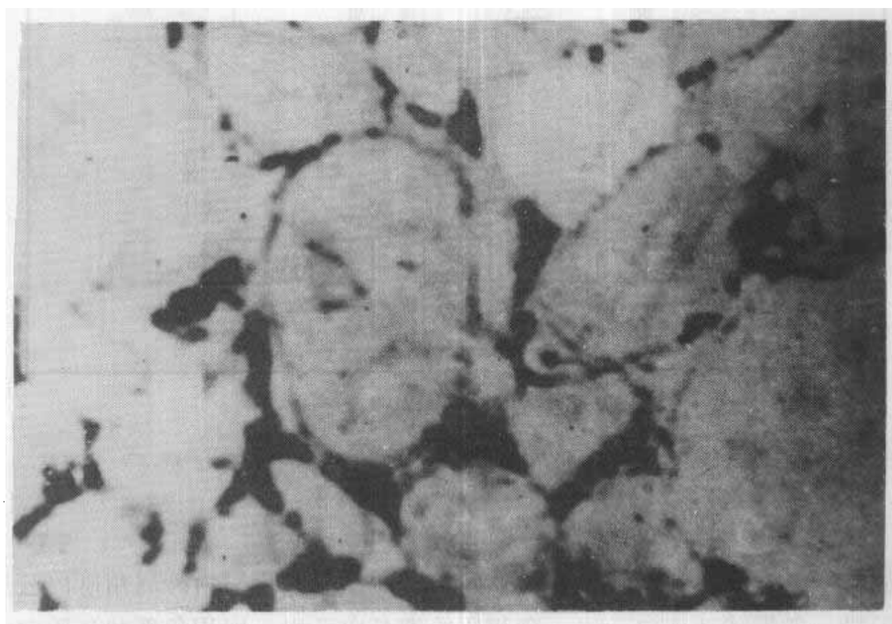


图 4-6-3　碳沥青砂岩

为薄片单偏光，其中白色部分为石英，黑色部分为碳沥青

由寒武系底部荷塘组（$€_1h$）泥岩组成，为区域分布的泥质岩盖层。在荷塘组泥岩之下，上震旦统西峰寺组（$Z_2x$）碳酸盐岩和砂岩储集层中普遍分布有碳沥青；荷塘组之上泥岩中，则无碳沥青分布。

5.油藏

古油藏主要由古背斜油气藏组成。同时，在古背斜油气藏范围内分布有礁块、地层、岩

性等油气藏，从而形成了由多种油气藏组成的古油藏。

（1）古背斜油气藏　泰山古油藏为印渚埠—东辉古凸起带上的一个古背斜，包括了泰山印支背斜褶皱及其两侧的印支向斜褶皱。古背斜始于寒武纪（图4–6–4），并在奥陶纪—志留纪继承发展。上震旦统—下寒武统的生油岩于早奥陶世进入成油期，开始油气运移，形成泰山古背斜圈闭油气藏。其呈层状分布，遍及整个古背斜，为泰山古油藏中最大的油气藏。如上震旦统西峰寺组（$Z_2x$）中部的层状砂岩油层在古背斜200多平方公里范围内均有碳沥青的分布，为碳沥青砂岩层。

（2）礁块凸起油气藏　位于古背斜圈闭油气藏范围内，由上震旦统西峰寺组上部（$Z_2xb$）叠层石生物岩礁、生物层礁和礁前坍积、礁后滩相等生物岩礁块组成。块体裂隙、孔洞、生物骨架孔、缝合线、层间缝等储集空间内均充满了碳沥青，为礁块突起圈闭的块状油气藏。

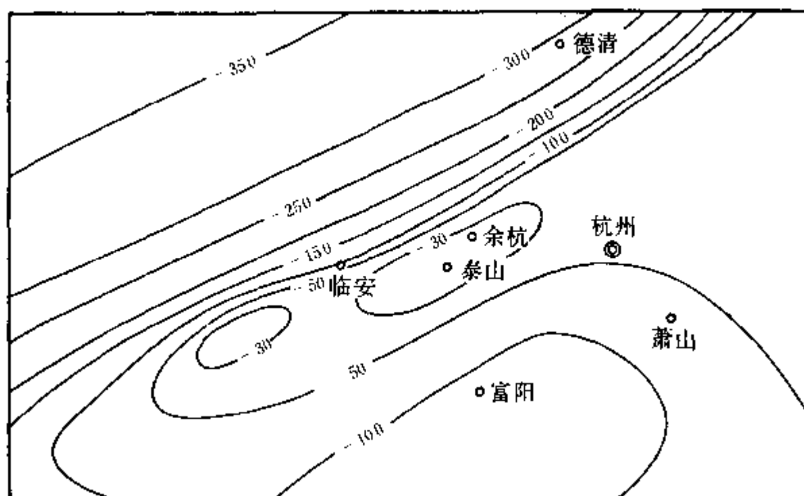



图4–6–4　荷塘期($\in_1h$)古构造略图

（3）地层油气藏　泰山古油藏内，寒武系（$\in$）与震旦系（Z）间为假整合。在假整合面上，见有下寒武统（$\in_1$）底部局部分布的厚达10余米的砂岩，富含碳沥青，为不整合面上的地层圈闭油气藏。

（4）岩性油气藏　泰山古油藏内，上震旦统西峰寺组（$Z_2x$）中上部分布有多层砂岩和内碎屑灰岩，含有碳沥青。其分布受各种低渗透岩层的限制，形成岩性遮挡圈闭油气藏，其数量较多、面积较小。

**三、古油藏的形成及其演化**

泰山古油藏位于德清—昌化与富阳—华埠深凹陷之间的印渚埠—东辉古凸起带上，地处震旦纪西峰寺组（$Z_2x$）藻礁发育的碳酸盐岩台地边缘滩和早寒武世（$\in_1$）的碳酸盐岩台地，具备良好的生储油条件；发育有始于寒武纪并在奥陶纪—志留纪继承发展的古背斜圈闭；为古油藏的形成奠定了基础。早奥陶世（$O_1$）开始，古背斜及其两侧凹陷内上震旦统—下寒武统（$Z_2$—$\in_1$）的生油岩进入成油期，开始油气运移，古背斜及其范围内的礁块、地层、岩性等圈闭相继成为油气藏，组成了泰山古油藏。随着地史的发展，古油藏埋深不断加大、油气成熟度不断增高。志留纪（S）末古油藏中的原油开始两极分化；石炭纪（C）已全部热演化为焦沥青和甲烷气；中三叠世（$T_2$）末强烈的印支褶皱断裂运动完全破坏了古油藏的原始面貌，甲烷气逸散，焦沥青进一步质变为碳沥青，形成残留古油藏的现今面貌，但仍显示了古油藏的一些基本特征。

## 第二节 康山古油藏

康山古油藏位于浙西北安吉县塘浦乡。为受脉状圈闭控制的脉状古油藏（图4–6–5）。

### 一、地质构造简况

康山古油藏位于钱塘坳陷北翼边部，江南大背斜带宁国墩复背斜东北部倾没端。古油藏产于下志留统大白地组（$S_1d$）和中统康山组（$S_2kn$）砂、泥岩互层中，地层走向北东，产状315°～345°、倾角30°～50°。矿区内断裂发育，以南北向为主，其次为近东西向，少数为北东向和北西向。

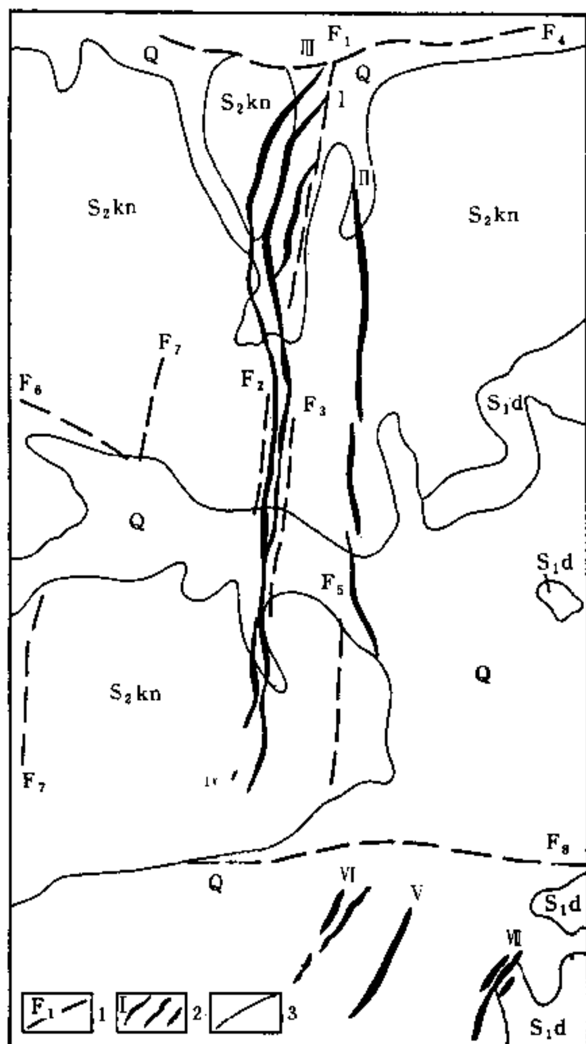



图4–6–5 康山古油藏地质略图

1—地层；2—碳沥青脉；3—地层界线

### 二、古油藏地质特征

康山古油藏由碳沥青组成，其容矿构造为斜交于地层走向、总体呈南北向展布的张性断裂组系。断裂发育于大白地组（$S_1d$）和康山组（$S_2kn$）极不均质的砂、泥岩脆性岩石中，具有脉状圈闭的特征。断裂带中充填的碳沥青，形状不规则、宽度变化大，在平面或剖面上均呈左右摆动、尖灭再生、分叉复合的特点。

康山地区现已发现7条碳沥青脉，组成康山沥青煤矿。北部康山组（$S_2kn$）地层中分布有Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ等4条碳沥青脉，脉体呈南北向展布，规模较大。南部大白地组（$S_1d$）地层中分布有Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ等3条碳沥青脉，脉体呈北东向展布，规模较小。区内7条碳沥青脉探明总储量为168.6万吨。此外在矿区北部，物探资料查明碳沥青脉继续往北延伸，其储量将继续扩大。

Ⅰ号碳沥青脉位于矿区北部，其规模最大、为矿区主力矿脉。矿脉控制长度1700米，一般宽度0.3～2米，最宽可达21.8米，其往地腹延伸，并在深部局部地区与Ⅲ、Ⅳ号矿脉相连（图4–6–6）。

康山脉状古油藏位于宁国墩古油藏上部，其产出的大白地组（$S_1d$）和康山组（$S_2kn$）地层基本缺乏生油岩，油源主要来自宁国墩古油藏深部的油层，经二次运移而成。宁国墩古油藏跨越浙皖二省，为江南隆起的分支宁国墩复背斜组成的巨大古油藏，主要油层为震旦系—寒武系（$Z_2$—Є），已在复背斜核部出露，富集有大量的碳沥青。

## 第三节　太平古油藏

太平古油藏位于皖南太平市之东5公里的西山村。为受脉状圈闭控制的脉状古油藏（图4-6-7）。

### 一、地质构造简况

太平古油藏位于钱塘坳陷北翼、三峰庵—内拓溪背斜东北部倾没端。古油藏产于中志留统河沥溪组（$S_2h$）砂、泥岩中。矿区内断裂发育，分布有近南北向、北东和北西向、东西向等断裂近40条，以近南北向断裂为主。

### 二、古油藏地质特征

康山古油藏由碳沥青组成，其容矿构造为近南北向分布的断裂破碎带。断裂破碎带发育于河汤溪组（$S_2h$）极不均质的砂岩、粉砂岩等脆性岩石中，具有脉状圈闭的特征。断裂带中充填的碳沥青，形状不规则，往下有加大趋势。

太平地区现已发现7条主要碳沥青脉，脉宽0.4～3.91米，延伸长度76.5～570米（表4-6-1）。$M_2$主脉发现2个碳沥青包，最大包体脉宽可达26米。碳沥青包开采时，瓦斯爆炸声可持续2～3天，巷道甲烷含量0.3～1.0%、局部可达10%，为超级瓦斯碳沥青煤矿。

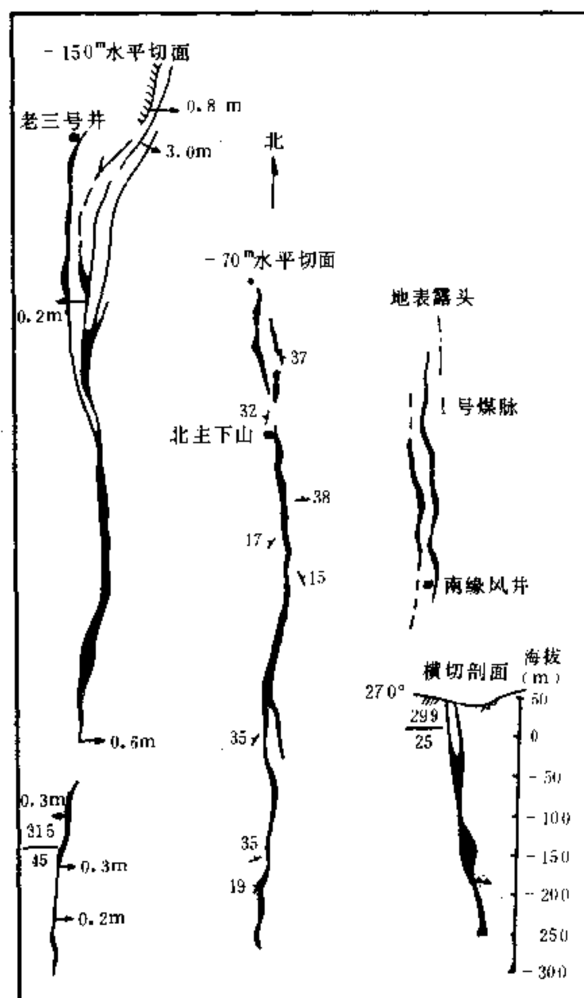



图4-6-6　康山碳沥青煤矿1号矿脉平面图

表4-6-1　太平古油藏主要碳沥青脉数据表

| 碳沥青脉编号 | $M_1$ | $M_{2-1}$ | $M_2$ | $M_3$ | $M_4$ | $M_5$ | $M_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 延伸长度（m） | 160 | 84.5 | 570 | 76.5 | 144 | 138 | 175 |
| 脉　宽（m） | 0.40～0.80 | 1.30～1.75 | 1.80～3.91 | 0.80～1.00 | 0.70～2.38 | 0.75～1.91 | 0.80～3.71 |

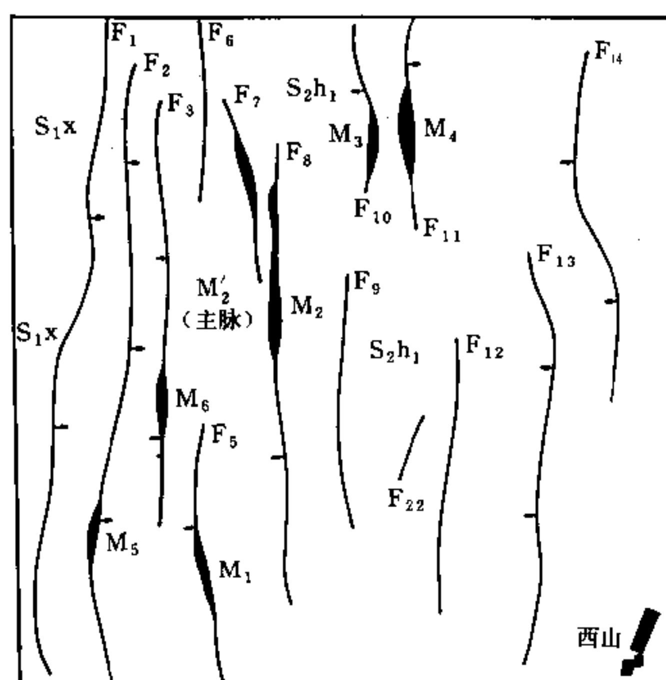



图 4-6-7　太平古油藏地质略图

M—碳沥青脉；F—断层

# 第七章　第四系天然气

## 第一节　概　　况

第四系天然气系指第四系沉积层中的浅层气，广泛分布于浙闽东南部的滨海平原，大江河口两岸和杭加湖平原，仅浙江境内含气面积约有8800平方公里（图4-7-1）。

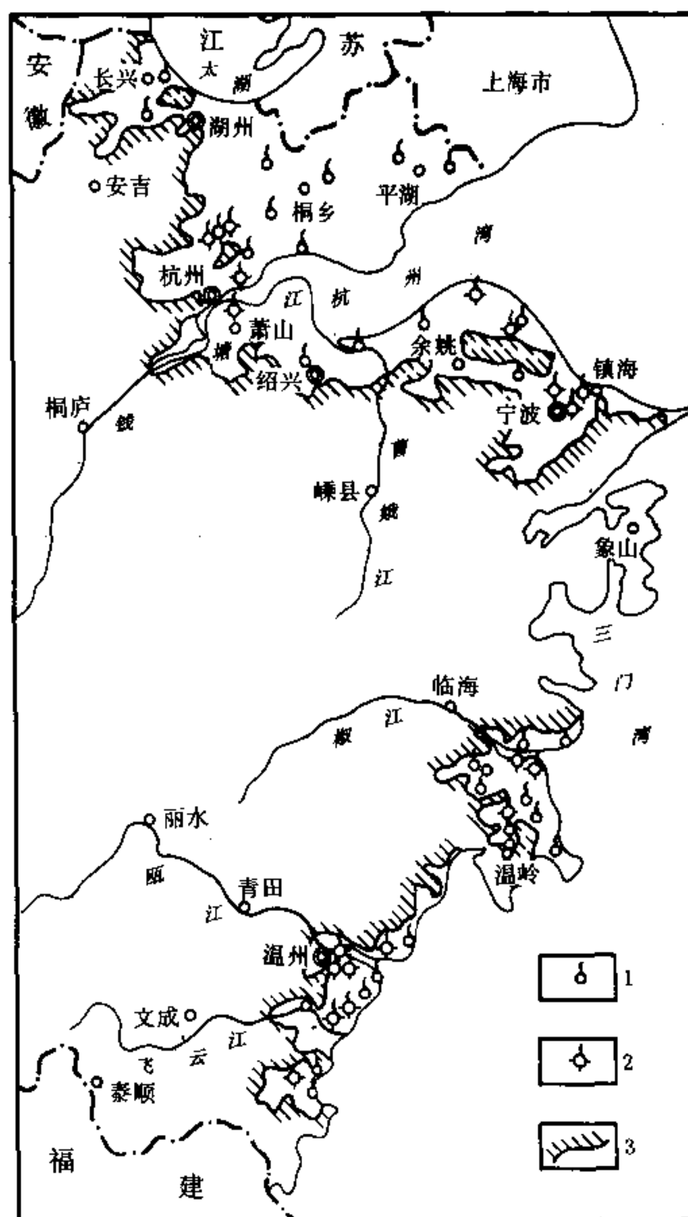



图4-7-1　浙江第四系天然气分布略图

1—气孔；2—利用气孔；3—基岩与天然气区界线

1958～1961年和1960～1961年，浙江和福建先后分别对部分地区的第四系浅层气进行了普查勘探，经土法试气部分钻孔产出了天然气。1970～1973年，浙江境内专业队和沿海市县相配合，利用浅钻、土法打井等方法，对第四系浅层气进行了广泛的普查勘探，并进行了土法开采利用。1985年，进一步对浙江境内的第四系浅层气资料进行了收集和整理，提出了进一步勘探开发和利用第四系浅层气的建议。

据不完全统计，浙闽共钻第四系浅层气的各类钻孔4750余口，主要分布于浙江境内。在浙江境内的4500余口钻孔中，见气孔1200口，采气利用井230余口，已采出气量约220万立方米。所采之气主要用作燃料，温州市曾用于试制过碳黑、甲醛等化工产品。目前对第四系浅层气的勘探开发和利用处于基本停顿状态。

## 第二节　天然气地质特征

**一、地层**

浙江东南部滨海平原和杭嘉湖平原的第四系（Q）由粘土层、粉细砂层、砂砾层夹生物碎屑层、泥碳层组成，为陆相、海相、海陆过渡相沉积，一般厚度45～150米，最大厚度可达326～359米。自下而上为：

*1.更新统（$Q_{1-3}$）*

由粘土层夹砂砾层，粉细砂层组成，为陆相夹海相的沉积，一般厚度18～62米。可分上、中、下三部分。

下部（$Q_1$）为陆相冲积层—残积层，一般厚2～5米。由灰黄色、黄褐色粘土层组成。与下伏层位均呈不整合接触。

中部（$Q_{2-3}$）为河流相—滨海相沉积，一般厚15～49米。由灰黄色、黄褐色砂砾层组成，上部夹有灰色—青灰色细砂和粘土质粉砂层。

上部（$Q_3$）为河流相沉积，一般厚1～8米。由土黄色、绿色硬质粘土层组成。

*2.全新统（$Q_4$）*

一般厚14～61米。可分上下二部。

下部（$Q_4^1$）为滨海—泻湖—沼泽相沉积，一般厚13～54米。主要由灰黑色、青灰色粘土层夹薄层粉砂透镜体，贝壳层或大量破碎贝壳组成。有机质丰富，为主要含气部分。与下伏更新统（$Q_{1-3}$）呈假整合接触。

上部（$Q_4^2$）为近代湖沼沉积和滨海相沉积，一般厚1～3米，最厚可达7米。由粘土层和砂砾层组成，常有淡水螺和泥炭夹层。泥炭层一般厚0.3～1.7米，埋深1～3米。未见浅层气，为非含气层。

**二、气层**

浙、闽境内的第四系浅层气，位于全新统下部（$Q_4^1$）。气层数目及埋深各地不一，一般为2～3层，最多可达7层，埋深可由6～7米至120米不等，主要气层有4～5层，埋深8～45米。(图4–7–2)。

*1.第1含气层*

埋深8～12米。由灰黑色、青灰色粉砂粘土层、砂质粘土层夹少量破碎贝壳及木质纤维组成。慈溪部分地区可开采利用。

*2.第2含气层*

埋深14～19米，由灰褐色、灰黑色粉砂粘土层、粘土层夹透镜状不规则粉砂薄层组成，粉砂薄层单层厚0.5～1.5厘米，含有大量贝壳和木质纤维。往南砂质增高，温州一带粉砂可占70%，为瓯江口分布较普遍的含气层，一般日产气几十立方米，井口关井压力0.5～1公斤／厘米$^2$，产量变化快，不稳定；往北粉砂、贝壳减少，杭州一带以粘土层为主，见气亦不多。

*3.第3含气层*

埋深21～28米，厚1.6～1米，由青灰色、灰褐色砂质粘土层，粉砂质粘土层互层夹薄层细砂层和透镜状粉砂层组成，含有大量贝壳和木质纤维，局部夹有厚达5米的含粘土贝壳层。为温州地区气量、气压最大，稳产时间最长的气层。一般日产气50～150立方米，最高

达 5700 立方米，井口关井压力 0.5～1.8 公斤／厘米$^2$。气层南北均有分布，北部杭州一带埋深较温州地区深 1～2 米。

*4.第 4 含气层*

埋深 29～33 米，厚 1～2.4 米，由灰色粉砂粘土层组成，含有大量破碎贝壳。南部温州一带贝壳增多，气量亦较大，一般日产几十～几百立方米，关井井口压力 1～2 公斤／厘米$^2$。

*5.第 5 含气层*

埋深 35～40 米，厚 0.7～2.2 米，以细砂层为主组成，为北部杭州一带的主要含气层，日产几百～四、五千立方米，井口关井压力 2～4 公斤／厘米$^2$。

| 地层 系 | 地层 统 | 地层代号 | 岩性剖面 | 厚度(m) | 岩性 | 含气层 编号 | 含气层 岩性 | 埋深(m) | 厚度(m) | 压力(kg/cm²) | 利用 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 第四系 | 全新统 | | | 0～8.0 | 土黄色、青灰色砂或粉砂粘土 | | | | | | |
| | | | | 6.8～27.2 | 灰绿色、黄绿色、深灰色粉砂。下部泥质增多，局部夹砂质粘土 | | | | | | |
| | | | | 0～3.8 | 灰色、灰黑色砂质粘土。底部含泥贝壳砂 | 1 | 含泥贝壳砂 | 24.4～26.0 | 1.0～1.5 | 0.25～1.50 | 燃料 |
| | | | | 8.6～31.4 | 深灰色、灰黑色淤泥质粘土夹薄层粉砂，含贝壳。所夹透镜状砂或含贝壳砂体为主要储气层 | 2 | 砂层 | 26.3～28.6 | 1.0～2.2 | 0.2～2.4 | |
| | | | | | | 3 | 含泥贝壳砂 | 29.7～32.4 | 1.0～2.4 | 1.0～2.0 | |
| | | | | | | 4 | 砂层 | 34.4～44.5 | 0.7～2.2 | 2.0～4.0 | |
| | | | | 0～5.4 | 上部粉细砂，下部砂质粘土，含砾 | | | | | | |
| | | | | | 土黄色、灰色、黄色粘土 | | | | | | |

图 4-7-2　肖山—余杭地区第四系含气柱状剖面略图

## 三、气藏

浙江境内第四系各含气层的纵横向分布变化大，由大小不一、数目众多的透镜状岩性气藏组成。

根据余杭—肖山地区统计：在 4 个含油气层中共分布有 13 个气藏，面积 0.4～63 平方公里，多数小于 6.5 平方公里。其中第 1 含气层气藏 3 个，面积 1.35～5.5 平方公里；第 2 含气层气藏 2 个，面积由 0.55～0.7 平方公里；第 3 含气层气藏 2 个，面积 0.4～63 平方公里；第 4 含气层气藏 6 个，面积 0.65～6.5 平方公里。同一含气层的气藏在平面上呈椭圆形、长条形分散状分布；不同含气层的气藏在纵向上呈单个气藏或多个气藏叠置，叠置气藏数由 2～3 个。

## 四、气井产量

浙江境内的第四系气井，是在缺乏合理的井身结构及其完井方法和井口控制的条件下进行开采的，日产量一般为几十～几百立方米，高者可达数千立方米。气井寿命土法井由二、三天～数月；正规井由数月～一年，长者可达3～6年。余杭九堡ck6井第四含气层（相当区域第5含气层）最高日产量可达4700立方米，平均日产量为1349立方米，稳产达3年，后因砂堵而停产，但井口压力仍在2公斤／厘米$^2$左右。温州永强第3含气层有口气井最高日产量可达5700立方米。余杭九堡有口气井采气利用时间长达6年之久。

**五、气体组分**

浙江境内的第四系浅层气为含少量重烃、氢氮、氧、硫化氢和二氧化碳的甲烷气（表4-7-1）。$CH_4$：81.30～93.31%，多数大于89.23%；$C_nH_n$：1.66～2.61%，多数大于2.00%；$H_2+N_2$：2.51～10.63%，多数小于5.45%；$O_2$：0.30～1.50%；$H_2S+CO_2$：1.75～4.48%。

**表4-7-1　肖山—余杭地区第四系天然气组分表**

| 气层编号 | 埋深 m | 气体组分（平均%） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $CH_4$ | $C_nH_n$ | $H_2+N_2$ | $O_2$ | $H_2S+CO_2$ |
| 1 | 20～27 | 93.31 | 2.50 | 3.14 | 1.01 | 1.75 |
| 2 | 26～28.56 | 81.30 | 2.61 | 10.63 | 1.50 | 3.98 |
| 3 | 28～32 | 92.75 | 2.00 | 2.51 | 0.30 | 4.48 |
| 4 | 34～40 | 89.23 | 1.66 | 5.45 | 0.64 | 2.74 |

**六、含气丰度**

根据浙江余杭塘栖、九堡和肖山宁围等3个地区、122平方公里面积的普查勘探，控制含气面积17.64平方公里，容积法控制地质储量数千万立方米；控制面积含气丰度49—92万立方米／平方公里；平均59万立方米／平方公里；勘探面积含气丰度2.53—21.5万立方米／平方公里，平均8.53万立方米／平方公里（表4-7-2）。

**表4-7-2　肖山—余杭地区第四系天然气丰度表**

| 地区 | 普查勘探面积($km^2$) | 控制含气面积($km^2$) | 控制地质储量($10^4m^3$) | 控制面积含气丰度($10^4m^3$／$km^2$) | 勘探面积含气丰度($10^4m^3$／$km^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 塘栖 | 74 | 2.12 | 187 | 88 | 2.53 |
| 九堡 | 18 | 2.28 | 209 | 92 | 11.61 |
| 宁围 | 30 | 13.24 | 645 | 42 | 21.5 |
| 合计 | 122 | 17.64 | 1041 | 59 | 8.53 |

## 第三节　第四系天然气评价及其分布

浙闽第四系天然气的分布面积约10000多平方公里，根据浙江肖山—余杭地区普查勘探获得的勘探面积含气丰度2.53～21.5万立方米／平方公里预测，区内第四系天然气地质储量为2.53～21.5亿立方米。广泛分布于浙闽东南部的滨海平原、大江河口两岸和杭嘉湖平原。其中尤以大江河口两岸的分布为普遍，为可供开发利用的浅层能源。

**一、浙江**

第四系沉积层分布面积大，含气面积约8800多平方公里，天然气地质储量预测为

22264～189200万立方米，为浙闽第四系天然气分布的主要省区，部分地区业已经土法开采和利用。集中分布于9个地区。

*1.钱塘江口两岸*

包括其南岸肖山以北地区和北岸余杭九堡及其以东地区，面积约335平方公里，天然气地质储量预测为841.50～7202.5万立方米。肖山宁围、长河、西兴和余杭九堡等局部地区的勘探、开采程度比较高，已在4个含气层中发现11个气藏，在15.5平方公里控制面积内获得数百万立方米气的地质储量，控制面积含气丰度数十万立方米／平方公里。

*2.瓯江口两岸*

位于温州地区，面积约270平方公里，天然气地质储量预测为数百～数千万立方米。温州永强、西山等两地进行过勘探，永强第3含气层钻遇有全省产量最高的气井，日产5700立方米。

*3.飞云江口两岸*

位于瑞安、平阳地区，面积约300平方公里，天然气地质储量预测为数百～数千万立方米。已进行过勘探，天然气苗多达100余处。

*4.甬江口两岸*

位于宁波地区，面积约100平方公里，天然气地质储量预测为数百～数千万立方米。进行过勘探，发现气井150口，利用井为10口。

*5.灵江口两岸*

分布于椒江（海门）地区，面积约160平方公里，天然气地质储量预测为数百～数千万立方米。已进行过勘探，发现有几十处气苗，曾有一口气井利用达一年以上。

*6.敖江口两岸*

分布于平阳地区，面积约50平方公里，天然气地质储量预测为120～1070万立方米。已进行过勘探，发现有几十处气苗。

*7.太湖沿岸及杭嘉湖平原*

分布于太湖与杭州湾之间，面积约4000平方公里，天然气地质储量预测为1～8.6亿立方米。为古长江三角洲、钱塘江冲积平原、杭州湾滨海平原的混合组成部分，发现有不少气苗。

*8.杭州湾南岸*

位于余姚以北地区，面积约350平方公里，天然气地质储量预测为885～7525万立方米。局部地区进行过勘探，梅林曾获日产430立方米气井1口。

*9.温—黄平原*

位于黄岩—温岭地区，面积约400平方公里，天然气地质储量预测为1012～8600万立方米。已进行过勘探，利用井达30余口。

*10.其它地区*

上述9个地区之外的其它地区，面积约2835平方公里，天然气地质储量预测为770～61000立方米。

**二、福建**

第四系沉积层分布面积小，含气面积约为1200平方公里，天然气地质储量预测为0.3～2.5亿立方米，主要分布于闽江口（福州地区）、木兰溪口（莆田地区）、晋江口（泉州地区）、九龙江口（漳州—厦门地区）等大江河口。均进行过勘探，部分钻孔发现有气。

# 第八章　浙闽油气评价预测及勘探方向

## 第一节　油气资源预测

### 一、预测方法

区内油气资源预测的基本方法为体积法，预测领域为浙西北古生界海相区块、浙江部分中、新生界盆地、杭州湾水域王盘洋凹陷。由于其成油气地质条件的不同，在方法具体应用上也略有不同。

*1.氯仿沥青"A"概率体积法（蒙特卡罗法）*

用于浙西北古生界海相区块的油气资源预测。其公式：

$Q_{资} = Q_{生} \times a \times b$

$Q_{生} = Q_{残} \times K_r \times (90—10\%)$

$Q_{残} = S \times H \times r \times A$

$Q_{资}$：资源量；$Q_{生}$：概率生油量（90—10%）；$Q_{残}$：残余生油量；S：生油岩面积；H：生油岩平均厚度；r：生油岩相对密度；A：残余氯仿沥青"A"含量。

$K_r$：恢复系数，系总生油量与残余生油量之比值。利用热解资料 $S_0$（原始生油潜量）与 $S_1+S_2$（残余生油潜量）之比值求取。不同层位的应用值为：震旦系—寒武系（Z—∈）为14（杜阿拉盆地自然演化剖面数据）；奥陶系（O）为9.3（宁国组泥岩数据）；栖霞组（$P_1q$）、龙潭组（$P_2l$）、长兴组（$P_2ch$）分别为2.13、1.92、1.89、（煤山向斜数据）。

a：聚集系数，系聚集量与生油量之比值。结合区内成油气地质条件，根据国内所提供数据选取。区内下古生界油气藏是在早古生代沉积隆升剥蚀前形成的古油气藏，具备良好的生油、储集、圈闭、保存等条件，与四川盆地古生界地层现阶段的成油气地质条件相似，故聚集系数采用四川盆地川南和川西南三叠系嘉陵江组（$T_c$）气藏偏低的平均聚集系数0.0046，进取为0.005。上古生界油气藏是在中、新生代上古生代沉积抬升剥蚀破坏过程中形成，虽有良好的生油、储集、圈闭条件，但缺乏保存条件，故聚集系数采用类似地区的常用值0.001。

b：保存系数，考虑到区内油气集聚为油气藏的时间比较早，在以后的地质历史中又经历了多次构造运动，对于已聚集的油气有一部分被破坏，所以资源量应扣除可能被破坏了的部分，采用保存系数表示。保存系数的确定，考虑剥蚀程度、构造运动强弱、岩浆岩影响等三个因素，采用百分扣除法求取。计算结果，上古生界（P）为0.65；下古生界0.45～0.55，平均为0.49，计算值采用0.49。

*2.氯仿沥青"A"体积法*

用于浙江部分中、新生界盆地的油气资源预测。其公式：

$Q_{资} = Q_{生} \times a$

$Q_{生} = Q_{残} \times K_r$

$Q_{残} = V \times r \times A$

$Q_{资}$：资源量；$Q_{生}$：生油量；$Q_{残}$：残余生油量；V：生油岩体积；r：生油岩相对密

度；A：残余氯仿沥青“A”含量。

$K_r$：恢复系数，利用热解资料 $S_0/S_1+S_2$ 求取，其值由1～4。

a：排聚系数，结合区内陆相盆地的成油气地质条件，根据国内外提供的经验数据取值。生油岩埋藏良好的地区取0.10；基本埋藏未暴露区取0.05；暴露地区取0.01。

*3.产率体积法*

用于杭州湾水域王盘洋凹陷的油气资源预测。其公式：

$Q_{资}=V\times K\times a$

$Q_{资}$：资源量；V：生油岩体积；K：产油率，按混合型干酪根1.2公斤／吨计算；a：排聚系数，采用0.012。

**二、预测结果**

上述三种方法，选择浙江境内的2个海相区块、8个陆相盆地、1个水域凹陷进行了油气资源预测。叠加预测范围49444.5平方公里，叠加生油岩总面积39053.01平方公里，生油岩总体积50091.2847立方公里，总生油量数百～数千亿吨，总资源量数亿吨（表4-8-1）。其中：

海相区块预测范围39310平方公里，生油岩面积37194平方公里，生油岩体积49649.876立方公里，生油量数百～数千亿吨（90～10%），估算资源量1～2.8亿吨。

陆相盆地（8个），预测范围8134.5平方公里，生油岩面积1322.01平方公里，生油岩体积128.4087立方公里，生油量数亿吨，估算资源量几千万吨。

杭州湾水域王盘洋凹陷预测范围2000平方公里，生油岩面积537平方公里，生油岩体积313立方公里，生油量数亿吨，估算资源量0.49亿吨。

**三、含油远景评价**

*1.资源潜力*

浙闽古生界海相区块和中、新生界陆相盆地（面积大于200平方公里，下同）及杭州湾水域等勘探领域的叠加总面积约76254平方公里，而资源预测叠加范围为49444.5平方公里，约占65%，故预测资源几亿吨偏小，实际资源将随勘探的扩大深入而扩大，区内具有一定的资源潜力。其中：区内古生界海相区块总面积为39310平方公里，资源预测范围亦为39310平方公里，故所预测的资源量1～2.8亿吨基本代表区内古生界的资源量。区内陆相盆地44个，总面积29944平方公里，而资源预测范围仅8个盆地、8134.5平方公里，分别占盆地总数及其总面积的18%和27%，所预测资源量0.12亿吨可能低于实际资源，还有资源潜力存在。杭州湾水域总面积约7000平方公里，王盘洋凹陷资源预测范围为2000平方公里，约占29%，故所预测的资源量0.49亿吨亦可能低于实际资源，亦有资源潜力存在。

*2.资源分布*

浙闽油气资源包括了古生界海相区块、中、新生界陆相盆地、第四系天然气等三个勘探领域的油气。

（1）古生界海相区块油气资源　集中分布于浙西、浙北等2个海相区块内，预测资源量为数亿吨（90～10%），占区内预测资源总量的61.9～82.3%，为区内油气资源分布最大的一个勘探领域。其中以下古生界为主，其预测资源量为数亿吨（90～10%），占海相区块预测资源总量的99.2～98.1%，为海相区块的主要勘探目的层。下古生界油气处于高变质过成熟阶段，资源由碳沥青和甲烷气组成。碳沥青分布普遍，甲烷气则比较少见，为勘探难度较大的含油气层系。上古生界预测资源量为数百万吨（90～10%），仅占海相区块预测资源总

表 4-8-1　浙江部分勘探领域油气资源预测表

| 勘探领域 | 层位或盆地 | 总面积 ($km^2$) | 生油层 | 生油岩面积 ($km^2$) | 生油岩厚度 (km) | 生油岩体积 ($km^3$) | 总生油量 ($10^8t$) | 总资源量 ($10^8t$) | 预测方法 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 海相区块 | 二叠系(P) | 39310 | P | 5618 | 0.314～0.188 | 1242.412 | 12.0658～81.1618 (90～10%) | 0.00784～0.05276 (90～10%) | 氯仿沥青"A"概率体积法（蒙特卡罗法） |
| | 奥陶系(O) | | $O_{1-2}$ | 31576 | 1.019～1.999 | 48407.464 | 20.0232～98.0171 (90～10%) | 0.04906～0.24014 (90～10%) | |
| | 寒武系(€) | | € | | | | 320.2166～897.9560 (90～10%) | 0.78453～2.19999 (90～10%) | |
| | 震旦系(Z) | | $Z_2^x$ | | | | 60.6681～142.2849 (90～10%) | 0.14864～0.34860 (90～10%) | |
| | 合　计 | 39310 | | 37194 | | 49649.876 | 412.9737～1219.4198 (90～10%) | 0.99007～2.84149 (90～10%) | |
| 陆相盆地 | 寿昌盆地 | 105 | $J_3s$ | 84.35 | 0.1599～0.202 | 11.8975 | 0.37924 | 0.023825 | 氯仿沥青"A"体积法 |
| | 永康盆地 | 912.5 | $K_1g$ | 212.52 | 0.019～0.052 | 6.035 | 0.02609 | 0.001498 | |
| | 临海盆地 | 530 | $K_1g$ | 62.4 | 0.011 | 0.6864 | 0.00241 | 0.000121 | |
| | 天台盆地 | 477 | $K_1g$ | 316.8 | 0.078～0.186 | 42.795 | 0.66061 | 0.028661 | |
| | 嵊县—新昌盆地 | 1050 | $K_1g$ | 300 | 0.0539 | 16.17 | 0.21393 | 0.021393 | |
| | 宁波盆地 | 1125 | $K_1f$ | 122.24 | 0.1598～0.4205 | 38.542 | 3.10661 | 0.033559 | |
| | 金衢盆地 | 3500 | $K_2l$ | 196.3 | 0.0327 | 6.4190 | 0.06993 | 0.006993 | |
| | 长河盆地 | 435 | $Ech^2$ | 27.4 | 0.214 | 5.8636 | 0.0348 | 0.00348 | |
| | 王盘洋凹陷 | 2000 | $K_2$ | 537 | 0.8～0.9 | 313 | 8.13 | 0.49 | 产率体积法 |
| | 合　计 | 10134.5 | | 1859.01 | | 441.41 | 12.625 | 0.60953 | |
| 总　计 | | 49444.5 | | 39053.01 | | 50091.285 | 425.597～1232.043 | 1.599～3.451 | |

量的 0.8～1.9%，零星分布于向斜构造带的局部地区。上古生界油气处于低—中变质的成熟—高成熟阶段，资源由油和气组成。油气分布普遍，为有希望获得油气的含油气层系。

(2) 中、新生界陆相盆地油气资源 分散分布于浙闽陆相盆地，浙江境内 9 个盆地（包括杭州湾水域的王盘洋凹陷）的油气估算为 0.6 亿吨左右，约占区内资源预测总量的 38.1～17.7%，为区内油气资源较少的一个勘探领域。但中、新生界油气较之古生界油气，演化程度低，多数处于成熟—高成熟阶段，资源由油气组成，分布普遍，为有希望获得油气的一个勘探领域。中、新生界的油气资源主要分布于中、新生代断陷盆地带内，如江山—绍兴断陷盆地带，自西而东分布有金衢、浦江—墩头、诸暨、长河、王盘洋等含油气盆地，并西延至江西分布有信江、崇仁、清江等含油气盆地，为我国南方的主要含油气断陷盆地带之一。

(3) 第四系天然气 集中分布于浙闽东南部的滨海平原、大江河口两岸及杭嘉湖平原。估算资源量为 5～21 亿立方米。

## 第二节 勘 探 方 向

浙闽分布有海相区块、陆相盆地、第四系天然气等三个勘探领域和浙西、浙北、浙中、浙中—闽西北、浙闽东南部、浙闽沿海等六个油气勘探远景区，根据其石油地质条件和三十年来油气普查勘探成果，提出本区油气勘探方向。

**一、树立"兼顾海陆、以陆为主；开发浅层能源"的勘探思想**

区内三个勘探领域中，海相区块为具备区域油气勘探远景的海相勘探领域，陆相盆地为具备局部油气勘探远景的陆相勘探领域，是区内油气勘探的二个主要领域。这二个领域，目前均未突破，应在勘探中兼顾，选择好勘探的重点区块盆地。从勘探难度分析来看：以下古生界为主的海相区块，油气变质程度高、多数处于碳沥青和甲烷气演化阶段，为油气勘探的高难度领域；而陆相盆地，其油气变质程度较下古生界低，多数处于低—中变质的油气演化阶段，是争取油气勘探突破比较现实、勘探难度较小的一个领域。故在兼顾海陆相油气勘探中应以陆相盆地为主。

第四系天然气埋藏浅、气层多，为浅层能源。对能源紧缺的浙闽来说，开发利用第四系浅层天然气能源，无疑是解决能源途径之一。

**二、确立"解剖宁波盆地、深探煤山向斜，侦察杭州湾水域"的勘探方针**

浙闽分布的 2 个海相区块和 44 个陆相盆地中，以上古生界的煤山向斜和断陷盆地中的宁波盆地、王盘洋凹陷的成油气地质条件为较好，应确立为区内近期油气勘探的重点。

*1.解剖宁波盆地*

宁波盆地为嵊泗—庆元断陷盆地带上的一个断坳陷盆地，经油气普查勘探评价，认为是浙闽油气勘探最有希望的盆地之一，面积 1125 平方公里，勘探主要目的层方岩组（$K_1f$）。

解剖宁波盆地应运用地震、评价井、综合研究等勘探方法，全面解决盆地石油地质评价阶段的各个石油地质问题，特别是储集和圈闭条件，优选出有利地区。

*2.深探煤山向斜*

煤山向斜为印支运动形成的复向斜，上叠有燕山早期（J）陆盆。经油气普查勘探评价，认为是具备油气勘探远景的古中生界（D—$T_1$）向斜盆地、为海相区块油气勘探最有希望的向斜之一。主要勘探目的层石炭—二叠系（$C_2$—P）。

深探煤山向斜最重要的应进行广兴井背斜评价井的勘探，了解龙潭组（$P_2l$）砂岩岩性

油藏和石炭—二叠系（$C_2$—$P_1$）碳酸盐岩裂缝性气藏的基本情况。其次对煤山向斜重新进行地震普详查勘探，落实向斜深部形态及圈闭，对向斜进行石油地质评价。

*3.侦察杭州湾水域*

杭州湾水域为中、新生代盆地区，面积约7000平方公里。其中王盘洋凹陷为江山—绍兴断陷盆地带上的断坳陷盆地，为长河陆上盆地的延伸部分，面积2000平方公里。通过水域地震剖面的勘探研究，杭州湾可能为具备油气勘探远景的海湾，勘探目的层为白垩系—第三系（K—E）。

侦察杭州湾水域应地震先行，进一步确定生油凹陷和寻找、落实各种类型的圈闭。选择配套有利圈闭，钻探评价井，对杭州湾的石油地质条件及其油气勘探远景进行评价。

**三、加强“深化勘探、深化研究”的综合技术**

*1.深化地质、地震、钻井、测井、试油勘探技术*

由于浙闽地质构造及其石油地质条件比较复杂，故对海相区块和陆相盆地的油气勘探，应加强地震、钻井、测井、试油等综合勘探技术，以提高勘探工作水平和勘探效果。

*2.加强综合研究*

浙闽油气勘探三个领域的成油气地质条件比较复杂，深化成油气地质条件的研究是浙闽油气勘探的重要一环。加强成油气地质条件的综合研究，不仅要基本搞清生储运聚保等基本石油地质条件，特别是对不同区块和盆地的特点，应深入分析，总结其规律。

在深化浙闽油气勘探和研究的过程中，除应用地震、钻井、测井、试油等工艺技术外，实验分析研究显得十分重要。浙闽地区现有的实验分析研究远远跟不上深化勘探和研究的需要，应在设备、人才培训上应大力加强。

**四、进行海域勘探成果的研究对比**

浙闽海域为东海含油气盆地的主要组成部分，在深化浙闽油气勘探和研究的过程中，应进行海域油气勘探成果的研究及其与陆上勘探成果的对比，加深浙闽成油气地质条件的认识，总结油气的分布规律，以指导浙闽陆地和浅海海域的油气勘探。

# 第五篇　含油气评价及勘探方向

苏浙皖闽地区是油气资源比较丰富但地质条件又十分复杂的地区。在三十多年的勘探过程中，石油工作者克服了各种困难，逐步地掌握了地下油气富集规律，发现了几个含油气区。近十年来，原油产量平均每年以10%以上的速度向上递增，按目前本区的增长势头，本世纪最后十年的油气生产，还将上一个更大的台阶。做出这一判断的主要依据是全区丰富的油气资源潜力。

本区的资源潜力究竟有多大？不少研究机构近几年来曾做过多种预测，但因资料依据不同，各家的测算结果也不一样。1985～1986年，为了今后勘探工作的需要，苏浙皖三省石油勘探单位和浙江省石油地质研究所，根据本区地质特点，把上震旦统—下古生界、上古生界—中二叠统和中、新生代归并为三大找油领域，分别对其地层、沉积相、区域构造、生储盖层及其组合、生油岩特征等进行了综合的研究，在此基础上，对本区的油气资源状况进行了评价，这次在编写本卷的过程中，又重新进行了评价。从其评价的结果看来，全区油气资源丰富，前景可观，但任务艰巨。

# 第一章　含油气评价

## 第一节　上震旦统—下古生界的油气资源评价

上震旦统—下古生界无论地面和井下，油气显示非常普遍，从小到零星状的含油晶洞和裂隙，大到碳沥青和古油藏，均见于这套地层中的不同层位和地域，反映了本区这一地质时期有机质丰度较高和地质历史上生成油气具有较大的规模。因此，在这一领域找油，多年来就引起了石油界的广泛注意，其中一个近期令人考虑最多的问题，就是生油岩的热演化程度问题。

### 一、生油岩厚度及热演化程度

上震旦统—下古生界的生油岩厚度大，若把本区海相地层生油指标中的有机碳丰度界限确定为0.1%（暗色碳酸盐岩）～0.4%（泥质岩），则本区钱塘坳拉槽寒武系最厚，平均值为800～1000米，有机质为腐泥型；沿江台地以志留系为最厚，平均500余米（表5-1-1），有机质为腐植-腐泥型。

但是，这一领域中生油岩的有机质转化程度一般均较高，特别是浙江西北部即钱塘坳拉槽中心部位，从上震旦统—上志留统，均已进入干气阶段。其西北到沿江台地区略为降低，中、上志留统（局部的上奥陶统）还处在湿气—凝析油阶段，下志留统以下地层才进入干气阶段。

### 二、油气评价

由于本区上震旦统和下古生界热演化程度均较高，岩样中所测得的氯仿沥青“A”系残留的一小部分，故在用氯仿沥青“A”概率体积法进行资源预测时，建立了恢复系数的概念，即原始生油潜量与残余生油潜量的比值。当过了生油高峰之后，氯仿沥青“A”含量随着成熟度

表5－1－1　苏浙皖地区上震旦统—志留系生油岩厚度统计表

| 层位 \ 地区 厚度(m) | 江苏 | | 浙江 | | 安徽 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 泥质岩 最大/平均 | 碳酸盐岩 最大/平均 | 泥质岩 最大/平均 | 碳酸盐岩 最大/平均 | 泥质岩 最大/平均 | 碳酸盐岩 最大/平均 |
| $S_2+S_3$ | 819/586 | | | | 52.0/13.0 | |
| $S_1$ | | | | | 97.28/42.16 | |
| $O_3$ | 489/288 | 160/112 | | | 248.7/22.27 | 19.2/3.27 |
| $O_{1+2}$ | | | 260.8/184.09 | /5.55 | 317.2/61.53 | 233.98/82.2 |
| $Є_3$ | 303/241 | | 56.3/16.56 | 811.9/347.52 | 636.58/328.89 | 1056.21/685.26 |
| $Є_2$ | | | 93.1/58.79 | 314.6/174 | | |
| $Є_1$ | | | 628.5/198.5 | 79.8/40.0 | | |
| $Z_2$ | | | 79.4/36.3 | 278.8/146.26 | 172.1/62.59 | 152.03/34.25 |

增加而逐渐减少。因此，不同演化阶段氯仿沥青“A”的恢复系数不同。本区按热演化程度和地质条件的不同，恢复系数分别采用以下数字：

江苏　$S_3$–$S_2$　（凝析油—湿气阶段）　泥岩

恢复系数 2.35

$S_1$–Є　（干气阶段）　泥岩

恢复系数 3.5　碳酸盐岩恢复系数为 3.75

浙江　$O_3$–$O_2$　（干气阶段）　泥岩

恢复系数 9.3

Є–$Z_2$　（干气阶段）　碳酸盐岩

恢复系数 14.0

安徽　$S_3$–$S_2$　（凝析油—湿气阶段）

恢复系数 2.35

$S_1$–$Z_2$　（干气阶段）　泥岩

恢复系数 3.5

碳酸盐岩

恢复系数 3.75

根据目前本区的研究程度，排聚系数暂按两个值来选取，油取 5%和 10%；气取 5‰和 15‰。

保存系数，这里系指油气总量扣除遭受后期直接破坏后的保存部分。江苏采用 85%；浙江采用 45～65%；安徽为 85%。

然后按资源量＝总生油量×排聚系数×保存系数的公式，计算出苏、浙、皖三省的资

源量，其中油几亿吨；气一万亿立方米左右。

## 第二节　上古生界—下、中三叠统资源评价

本区上古生界一下、中三叠统已有六个层位，即五通组、船山组、栖霞组、龙潭组、长兴组（大隆组）和青龙群见到多种类型的油气显示。在苏浙皖三省交界的宜兴、长兴、广德、宣城、宁国等县所发现的油气苗可勾绘出一条油气显示活跃带，句容盆地的探井在印支不整合面上下见了良好油气显示和工业油流，浙江长兴的龙潭组采煤巷道中有多处捞获成吨的原油。这些迹象表明，三省的上古生界—下、中三叠统具有比其下伏地层更为有利的生油条件，从而，其油气潜量比下伏地层要高。

**一、关于生油岩的厚度**

若按前节所述海相地层生油岩的有机质丰度标准，上古生界—下、中三叠统具备生油条件的地层中最厚者首推二叠系和青龙群。二叠系碳酸盐岩一般厚 50～250 米，最厚者在安徽境内无为一带，达 300 米；泥质生油岩一般厚 50～150 米，最厚处在溧阳，为 200 米。下三叠统碳酸盐岩生油岩最厚达 850 米，平均 465 米，其中下青龙组／（和龙山组十殷坑组）主要为碳酸盐岩，一般厚度为 50～130 米，厚度最大的地区在句容—常州—南陵一线，泥质生油岩一般厚 50～80 米，厚度最大的也在同一地区；上青龙组／南陵湖组主要也是碳酸盐岩生油岩，一般厚度 100～300 米，最厚者分布在芜湖—南陵地区，达 500 余米，泥质生油岩零星分布，0～5 米不等，最厚者在无为一带，约 50 米。二叠系以下的其它层位，生油岩厚度一般均较薄，如五通组为泥质生油岩，分布局限，句容一带井下视厚度达 45 米；石炭系主要是碳酸盐岩生油岩，一般厚 20～80 米，厚度最大的地区有三处，分别为句容、南陵和太湖一带，泥质生油岩零星分布，厚度 0～10 米不等。

**二、有机质丰度较其下伏地层高，有机质类型多为腐泥型和混合型**

从表 5-1-2 中所列有机质丰度的三项指标看，各层系间碳酸盐以二叠系长兴组和栖霞组最高，其次为下青龙组和上石炭统；泥质岩以龙潭组最高，其余依次为上、下青龙组、孤峰组和栖霞组。二叠系以下各层系因限于资料，可比性较差。

各层系有机质丰度在区域上比较，其差别也大。碳酸盐岩上、下青龙组在句容盆地和巢县地区最高；二叠系长兴组最高者为煤山向斜和浙西北；栖霞组为浙北和浙西北；上、下石炭统则首推句容盆地。泥质岩丰度资料在区域上可以进行比较的是龙潭和孤峰两个组。龙潭组浙西北最高，其次是句容盆地和煤山向斜；孤峰组最高者为苏南东部，其它依次为煤山向斜和句容盆地。

根据氯仿沥青“A”的族组成，红外光谱比值，干酪根元素组成等资料看，下三叠统的有机质类型以腐泥型为主，混合型次之；上古生界则以混合型为主，腐泥型次之，腐植型较少。

**三、生油岩有机质在演化阶段上多为成油阶段和凝析油加湿气阶段**

①若以镜质体反射率的指标来衡量，苏南、泾县、巢县下三叠统—下石炭统，杭嘉湖地区二叠系—下石炭统多数处于成油期。苏南在泥盆系才进入凝析油加湿气期。钱塘台坳（包括富阳—华埠凹陷，临浦—常山凸起和绍兴—江山浅凹陷）和安徽的其它地区，自二叠系开始，已进入干气阶段。

②若以牙形石色变指数 CAI 做如下分级，将 CAI1～2 级看做浅变质，利于生油；2～3

表 5-1-2 有机质丰度表

| 地区 | 项目 | | 碳酸盐岩 | | | | | | 泥质岩 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 上青龙组 | 下青龙组 | 长兴组 | 栖霞组 | 上石炭统 | 下石炭统 | 上青龙组 | 下青龙组 | 大隆组 | 龙潭组 | 孤峰组 | 栖霞组 | 下石炭统 | 五通组 |
| 巢县 | $C_{OT}$ | % | 0.01 | 0.18 | | 0.3 | 0.06 | 0.07 | 0.21 | 0.14 | 2.3 | 0.24 | 0.13 | 0.77 | 0.13 | |
| | "A" | ppm | 158 | 401 | | 69 | 63 | 40 | 149 | 7.1 | 33 | 13 | 33 | 292 | 20 | |
| | HC | ppm | | | | | | | | | | | | 72 | | |
| 宜泾 | $C_{OT}$ | % | 0.14 | 0.08 | 0.86 | 0.23 | 0.16 | | | 0.62 | 2.01 | 0.55 | | | | |
| | "A" | ppm | 57 | 76 | 114 | 68.4 | 2.6 | | | 186 | 50 | 172 | | | | |
| | HC | ppm | | | | | | | | | | 77.3 | | | | |
| 煤山向斜 | $C_{OT}$ | % | 0.10 | | 0.85 | 0.34 | 0.06 | | | | | 0.79 | 1.79 | | | |
| | "A" | ppm | 46 | | 1250 | 236 | 45 | | | | | 784 | 300 | | | |
| | HC | ppm | 16 | | 540 | 138 | 21 | | | | | 185 | 154 | | | |
| 长兴—安吉 | $C_{OT}$ | % | 0.10 | | 0.23 | 0.36 | 0.04 | | | | | 1.13 | 2.29 | | | |
| | "A" | ppm | 46 | | 880 | 369 | 40 | | | | | 460 | | | | |
| | HC | ppm | 16 | | 345 | 313 | | | | | | 134 | | | | |
| 浙西北 | $C_{OT}$ | % | | | 0.69 | 0.91 | 0.2 | | | | | 1.01 | 1.64 | | | |
| | "A" | ppm | | | 760 | 320 | 46 | | | | | 520 | 35 | | | |
| | HC | ppm | | | 566 | 318 | 19 | | | | | 191 | | | | |
| 句容盆地 | $C_{OT}$ | % | 0.12 | 0.14 | | 0.36 | 0.1 | 0.13 | 0.44 | 0.57 | | 1.43 | 1.71 | 1.37 | 1.32 | 1.79 |
| | "A" | ppm | 187 | 234 | | 215 | 255 | 100 | 301 | 540 | | 486 | 240 | 60 | 263 | 179 |
| | HC | ppm | 113 | 154 | | 125 | 134 | 68 | | 380 | | 145 | 122 | | 142 | 87 |
| 苏南东部 | $C_{OT}$ | % | 0.08 | 0.21 | 0.15 | 1.06 | 0.04 | | | | | 1.47 | 2.04 | 5.45 | 0.93 | 3.36 |
| | "A" | ppm | 200 | 85 | | 110 | | | | | | | 400 | 200 | 150 | 190 |
| | HC | ppm | 98 | 47 | | 39 | | | | | | | 108 | 40 | 60 | 56 |

级为中变质，利于生成凝析油和湿气；大于 3 级为高变质，可能生成干气。按此分级标准，则本区下三叠统除无锡地区外，多为 1～2 级，处于生油阶段；上古生界多为 2～3 级，处于凝析油和湿气阶段。

③再看最高热解峰温，按法国石油研究院对不同有机质类型的泥质生油岩的划分标准和本区未成熟碳酸盐岩生油岩热模拟实验结果，下三叠统和上古生界生油岩的最高热解峰温均 >425℃，<500℃，表明有机质已演化到成熟至高成熟阶段。(表 5-1-3)。

表 5-1-3　最高热解峰温 $T_{max}$ 统计表

| 层　位 | 代号 | 岩　性 | $T_{max}$ (℃) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 句　容 | 浙　江 | 南　陵 | 苏　南 | 苏　北 |
| 上青龙组 | $T_1s$ | 石灰岩 | 462 | | 472 | 444 | |
| 下青龙组 | $T_1x$ | | 463 | | 473 | 437* | |
| | | | 444 | | 458.5 | | |
| 长 兴 组 | $P_2ch$ | 石灰岩 | | 443 | 475 | | |
| 大 隆 组 | $P_2d$ | 泥质岩 | | | 463 | 439 | |
| 龙 潭 组 | $P_2l$ | 泥质岩 | 462 | 457 | | 454 | |
| 孤峰组／丁家山组 | $P_1g$／$P_1d$ | 泥质岩 | 464 | 473 | 485 | 463 | |
| 栖 霞 组 | $P_1q$ | 石灰岩 | 480 | 461 | 493 | 457 | 483 |
| 船 山 组 | $C_2ch$ | 石灰岩 | 490 | 477 | | 483 | 442 |
| 黄 龙 组 | $C_2h$ | | | 471 | | | |
| 上石炭统 | $C_2$ | 泥质岩 | | | 473 | | |
| 下石炭统 | $C_1$ | 泥质岩 | | | | 458 | 481 |
| 下石炭统 | $C_1$ | 石灰岩 | 458 | 449 | | | |
| 五 通 组 | $D_3w$ | 泥　岩 | 465 | | | 469 | 455 |

* 泥岩

## 四、上古生界和中下三叠统油气评价

上古生界—下、中三叠统油气的形成条件较好。对其油气潜力做了初步分析，排烃系数同下古生界，恢复系数则根据部分热解资料的原始生油潜量与残余生油潜量之比的平均值，按各评价区块和层位的热演化阶段分别求得：

江苏和皖南地区

生油阶段　　　　　恢复系数为 1.4

凝析油—湿气阶段　　恢复系数为 1.86

干气阶段　　　　　恢复系数为 2.33

浙西北（利用煤山地区资料）

长兴组　$R_o=1.11\%$　恢复系数为 1.89

龙潭组　$R_o=1.53\%$　恢复系数为 1.92

栖霞组　$R_o=1.85\%$　恢复系数为 2.13

保存系数：江苏、安徽取 75%，浙西北取 45～65%，为此，上古生界—下、中三叠统测得的油气资源量为：油数亿吨；气数百亿立方米。

从各项结果看出，各层位聚油量以下三叠统最高，约占总量的 34%，其次为下二叠统，约占 27.8%；聚气量以下二叠统为最高，约占 90%，苏浙皖按省区计，其聚油量以江苏最高，约占 57%，其次为皖南，约 41%；聚气量以浙西北为最高，约占总量的 60%。

## 第三节 中、新生代含油气评价

本区中、新生代沉积盆地约 110 个，总面积约 13 万平方公里。其中面积大者逾 35000 平方公里，小者仅数十平方公里。中、新生代地层的分布各盆地差别也大。浙闽沿海一带为陆相火山岩建造，中生界发育不全；苏皖地区陆相中生界是在扬子海盆背景上逐渐由闭塞湖湾和泻湖过渡到内陆湖河湖盆地的，故继承性比较明显，特别是第三系，分布比较广泛，尤其在苏北盆地，非常发育，厚达 6000 余米，为该盆地中的重要生储油岩系；除浙江长河盆地，安徽大桥、舒城盆地外，其余盆地地层发育不全，岩性及厚度不太稳定，生油条件一般较差以至缺乏生油岩系。从油气勘探前景出发，现就其中面积较大，油气地质条件较好的几个盆地的油气资源状况及其它地质条件评述如下：

**一、苏北盆地**

盆地下白垩统井下资料很少，研究程度很低，地质面貌不够清楚。目前资料较多，工作程度较高，石油地质条件较好者，当推盆地中的下第三系。

下第三系具有六套生油层，即泰州组上段，阜宁组一至四段和戴南组一段，其中泰州组上段是受海侵影响的湖相细粒碎屑沉积，厚度 100～150 米；阜二段和阜四段的沉积受海侵影响更为明显，具有高盐度和强还原环境特征，有机质类型以混合型为主，部分为腐泥型，有机质丰度中等，暗色泥岩累计厚度最大处达 800 米以上，此三套沉积是盆地中较好生油岩。而阜一段、阜三段和戴一段这三套地层沉积时，因水体相对较浅，暗色泥岩厚度较小，有机质类型以腐植型为主，有机质丰度较低，属较差生油岩。上述较好生油岩，乃盆地强烈持续拉张时期的产物，但因盆地拉张活动总的较弱，相当一部分地区后期因抬升而遭受强烈的改造，使其中的一些较好的油源岩受到剥蚀，导致了盆地中各凹陷油气丰度上的明显差异性。盆地中丰度最高者为高邮凹陷，该凹陷下第三系面积达 2670 平方公里，沉积最大厚度 6000～7000 米，若以 2500 米做为成熟生油岩的门限深度，其成熟生油岩面积约达 1000 平方公里，生油岩厚度为 680 米，有机碳 1.149%，氯仿沥青"A"0.105%，总烃 471ppm，经类比分析，认为是属二类凹陷中之较好者。丰度较差者为白驹凹陷，该凹陷面积约 1600 平方公里，从地震资料看，阜宁组二—四段埋深浅，上覆地层薄，成熟生油岩仅 60 平方公里，平均厚度约 200 米，经类比，认为是属二类凹陷中较差者。

据此，苏北盆地以氯仿沥青"A"法对各凹陷的油气资源量的预测结果为数亿吨。

**二、合肥盆地**

面积约为 19700 平方公里。盆地中暗色泥岩较为发育，埋深适中，有机质向油气转化和保存条件较好的有两个次一级的凹陷。预测油气资源量近亿吨。

*1.大桥凹陷*

这是一个白垩系凹陷。白垩系发育齐全，上白垩统响导铺组分布范围 3000 平方公里。临近深凹陷部位，该组下部暗色泥岩发育，因勘探程度较浅，所获资料不多，合深 6 井 1274～1603 米井段，为深灰色泥岩，灰质泥岩及含膏泥岩的集中段，共计 38 层 169 米，表明具有良好的还原环境，氯仿沥青"A"含量一般为 0.106～0.138%，有机碳含量 0.34%，烃含量小于 104ppm，烃转化率 3%左右，热解最高峰温为 436～486℃，OEP 值 1.15～1.43，达到了生油岩的成熟阶段，母质类型偏腐植型。下白垩统朱巷组上段，分布面积为 3500 平方公里。该段中部暗色泥岩较发育，合浅 8 和合浅 9 井在紧靠郯庐断裂带的古城集至雨林集

一带，揭示了一组厚600余米，岩性主要为灰黑、深灰色泥岩、灰质泥岩、泥灰岩及浅灰色灰岩。氯仿沥青"A"含量为0.0026～0.017%，热解最高峰温466～560℃，母质类型偏腐植型。由于白垩纪凹陷继承性较好，朱巷组分布面积大，虽然有机质丰度偏低，但也已达到成熟阶段，加之其上的响导铺组下部暗色泥岩发育且分布又广，不仅本身有生油能力，亦可兼做盖层，故把大桥凹陷视为中生界的含油气远景区。

*2.舒城凹陷*

是一个燕山运动晚期因拉张作用形成的北断南超的箕状凹陷，接受的是晚白垩世到早第三纪河流及浅湖相碎屑沉积，厚约4000米。据合深2井资料，下第三系古新统定远组上段为弱还原环境下的浅湖相砂、泥岩互层，其中828～1235米井段集中发育了一套49层190米的深灰绿色泥质岩。合深5井本段地层中的青灰、灰色泥岩共15层107米。初步分析，暗色泥岩分布比较稳定，特别在其以东的方向，湖盆有变深的趋势，更加有利于油气的生成。由于该凹陷勘探程度低，故采用沉积岩体积速度法预测其资源量。所选参数为：下第三系面积765平方公里，厚度3.5公里，体积速度0.072千立方公里／百万年。

**三、长河盆地**

其下第三系长河群是浙闽地区诸生油岩系中生油条件较为有利的岩系。长河群沉积分布于浙江杭嘉湖杭州湾长河凹陷。据杭州湾水域资料，长河凹陷是中、新生代沉积凹陷，凹陷最大深度4280米，面积2400平方公里。下第三系最大厚度1730米，其中暗色泥岩厚240～500米，最大埋深2000米左右。有机碳含量0.54%，氯仿沥青"A"0.019%，总烃为128ppm，母质类型为混合型偏腐植型。具有良好的石油地质条件，根据苏北盆地相应参数推算，长河群油的资源量约为数百万吨。

**四、其他盆地**

地跨苏鲁豫皖四省的黄口盆地，下第三系均为一套淡水—咸水湖相砂、泥质沉积，灰—深灰色泥岩和膏盐发育，黄1井取芯，获油浸砂岩6米左右。经分析泥质岩有机碳含量0.232～1.79%。豫、皖境内的阜阳凹陷在钻探中，于阜深1井和阜深2井的下第三系砂岩中见荧光显示。宁波盆地白垩系方岩组二—三段为灰黑、黑色泥岩和含膏泥岩，其具生油条件的岩层厚约900米，有机碳含量0.47%，氯仿沥青"A"为0.0142%，总烃为184ppm，有机质为腐植型，已达高成熟—过成熟阶段。从以上盆地的油气地质条件看来，具预测资源量也将是有一定数量的。

综合上述几个主要盆地的资源情况看来，苏浙皖闽地区中、新生代陆相盆地的估算油资源量大体在数亿吨间，其中下第三系的资源量为最多。测算中，资料依据较多者为苏北盆地，其资源量约占全区的70～80%。

## 第四节　全区油气资源评价

苏浙皖闽地区从上震旦统—下第三系经前述评价结果，油的预测资源量为十几亿吨，其中，中、新生代陆相盆地数亿吨，为总量的37.02～38.23%；气远景资源量为几千～一万多亿立方米，其中上震旦统—下古生界占有量为98%。这一评价结果，有待今后进一步的勘探实践来验证，但是，就其目前勘探状况看来，无论其中哪一领域，均具有较好的前景，以中、新生代最为现实。

# 第二章 勘探方向

通过上述资料不难看出，苏浙皖闽地区上震旦统至下古生界，上古生界至下、中三叠统和中、新生界三大找油领域内油气资源其丰度之高是毋容置疑的。随着这些地区内勘探队伍数量的增加和装备的不断改善，勘探上的经济效益也日益明显。特别是近十多年来，油气勘探开发机构从本区的地下实际出发，正确地制定了勘探开发战略方针，努力排除复杂地质构造给工作带来的困难，使油气生产步入良性循环的轨道。但是，如何继续使生产保持稳步上升，摆在三省石油勘探工作者面前的首要问题，就是勘探目标的选择问题。

综合三十年来的地质工作成果和三省当前的生产实际情况后认为，近期"争储上产"以第三系为主，远期的石油增长，则有赖于中、古生界海相地层。因此，下一步的勘探的主力应侧重部署在对其认识程度较高，石油地质条件较好的第三系，同时，要不停顿地对油气远景广阔的海相碳酸盐岩分布区进行前期准备工作，并安排应有的工作量，以便为这一勘探高难地区的突破打好基础。

*1.苏北盆地*

应继续确立以东台坳陷为重点，以盐阜坳陷为后援的方针，在具体部署上，可整体解剖东台坳陷下第三系，继续以金湖（凹陷）为重点，发展高邮（凹陷）积极在其它凹陷扩大勘探成果。近期可以选择高邮、金湖、溱潼凹陷中8～10个有利构造带为重点勘探地区开展工作，第四系天然气也是一个值得注意的领域。

*2.浙皖两省中、新生代盆地*

从中可选择其中一些面积较大，石油地质条件较好的盆地，如长河凹陷、合肥盆地、阜阳凹陷和已进行勘探工作的天长地区，在进一步评价的基础上，安排勘探工作，将会有所新的发现。

*3.中、古生界的两大找油领域的勘探工作*

这些地区的勘探已断续进行了三十年，但按勘探程序，目前在面上的钻探尚不能大规模地开展，但对可望取得突破的上古生界至下中三叠统，宜选择生油条件较好，热演化条件有利的地区先行工作，南陵—句容—常州一线基本具备此一条件。可做为近期的重点工区。其中句容地区已获工业油流，该区中、古生界发育，上古生界保存较好，构造发育，热演化程度较好，属成熟阶段，目的层埋深适中，可望找到构造—裂隙油气藏和不整合油气藏。常州一带，不仅上白垩统，下第三系较厚，中、古生界发育，上古保存齐全，热演化程度亦较好，是勘探下中三叠统和上古生界的有利地区。对于已在浙江余杭泰山发现古油藏的上震旦统至下古生界的这一勘探领域，下一步则是选择构造相对稳定保存条件较好，热演化条件非过高的地区进一步探索，煤山向斜是印支运动形成的复向斜，上叠有燕山早期的陆盆，其石炭—二叠系是一个有远景的目的层系，沿江坳陷和钱塘坳拉槽北翼斜坡部位则是具备上述条件的较有利地区，今后首先可对已有一些工作基础，油气资源量比较丰富的南京—盐城、无锡—南通地区的勘探工作坚持下去，其次对以找气为对象的无为—望江、德清—昌化等地区也应予以重视。

# 参 考 文 献[1]

马杏垣等，1983，中国东部中、新生代断陷作用和伸展构造，地质学报，第57卷，第1期。

王尚文等，1983，中国石油地质学，石油工业出版社。

王鸿祯，1982，历史大地构造学及其研究方法，构造地质学进展，科学出版社。

包茨等，1988，天然气地质学，科学出版社。

叶和飞，1979，浙皖古生界碳沥青的产出特征及其在油气勘探上的意义，石油勘探与开发，第6卷，第2期。

安徽省区域地质志，1987，地质出版社。

江苏省及上海市区域地质志，1984，地质出版社。

华东地区地层表（浙江分册、福建分册），1978，地质出版社。

任继舜等，1980，论中国大地构造及其演化，科学出版社。

朱钧等，1964，试论浙、皖、赣深断裂带，地质论评，第22卷，第2期。

朱夏，1986，朱夏论中国含油气盆地构造，石油工业出版社。

陈其爽等，1983，关于"道塘山组"、寿昌组、横山组、馆陶组时代及关系的探讨，石油与天然气地质，第4卷，第1期。

李德生，1982，中国东部含油气盆地的构造特征，石油勘探与开发，第9卷，第2期。

环文林，1982，中国东部及邻区中新生代构造演化与太平洋板块运动，地球科学，第2期。

张文佑，1985，断块构造导论，石油工业出版社。

张弥曼等，1977，浙江中生代晚期鱼化石、古脊椎动物与古人类研究所专刊第12号，科学出版社。

张璐瑾，1978，浙江中生界火山碎屑沉积岩中孢子花粉，古生物学报，第17卷，第2期。

郭令智，1983，西太平洋中新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成和演化，地质学报，第57期，第1期。

南京地质古生物所，1980，浙皖中生代火山岩沉积地层的划分和对比，科学出版社。

徐柔远，1984，浙江中新生代盆地沉积特征与浙闽隆起带关系，石油实验地质，第3期。

浙江省区域地质志，1985，地质出版社。

曹宝森，1983，福建西南部和中部地区早侏罗世海相地层，福建地质，第2卷，第1期。

黄汲清，1977，中国大地构造基本轮廓，地质学报，第2期。

童崇光，1980，中国东部裂谷系盆地的石油地质特征，石油学报，第4期。

蒂索 B.P，1980，海相或湖相碳酸盐岩和页岩的油气生成及其地球化学特征，北京石油地质国际学术会议报告，石油工业出版社。

福建省区域地质志，1985，地质出版社。

[1]本篇参考了浙江石油地质研究所、江苏油田、安徽石油勘探公司和浙江石油勘探处的大量内刊资料及有关省地质矿产局、有关院校的资料。